

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR  
D'ENGINYERIA DE MANRESA

*TREBALL FINAL DE GRAU*

# SISTEMA DOMÒTIC CONTROLAT VIA UNA APP MÒBIL

Treball presentat per a l'obtenció del títol universitari en  
Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

Per: **Carlos Marimon Álvarez**

**Tutor:** Víctor Barcons

**Data:** 14/10/2016

## ÍNDIX

---

<b>1. RESUM.....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJECTIU DEL PROJECTE.....</b>	<b>10</b>
<b>3. ESTUDI DE MERCAT.....</b>	<b>11</b>
3.1. INTRODUCCIÓ A LA DOMÒTICA.....	11
3.1.1 ORÍGENS DE LA DOMÒTICA.....	11
3.1.2 QUÈ ÉS LA DOMÒTICA?.....	12
3.2. CLASSIFICACIÓ DELS SISTEMES DOMÒTICS.....	13
3.2.1. INSTAL·LACIONS CENTRALITZADES.....	13
3.2.2. INSTAL·LACIONS DISTRIBUÏDES.....	14
3.2.3. INSTAL·LACIONS MIXTES.....	15
3.3. CONTROL DOMÒTICS ACTUALS.....	15
3.3.1. TECNOLOGIA X10.....	16
3.3.2. KNX.....	18
3.3.3 LONWORKS.....	19
<b>4. MODEL DESENVOLUPAT.....</b>	<b>20</b>
<b>5. POSSIBLES ALTERNATIVES.....</b>	<b>22</b>
5.1. PICAXE.....	22
5.2. RASPBERRY PI.....	24
5.3. ARDUINO.....	26
5.3.1. ARDUINO UNO R3.....	27
5.3.1. ARDUINO MEGA.....	29
<b>6. COMUNICACIÓ SENSE FILS.....</b>	<b>31</b>
6.1. INFRAROJOS.....	31
6.2. BLUETOOTH.....	32
6.3. RÀDIO.....	33
6.4. WIFI.....	33
6.5. COMPARATIVA.....	34
<b>7. HARDWARE.....</b>	<b>35</b>
7.1. MATERIAL COMÚ SERVIDOR I NODE.....	35
7.1.1. ATMEGA328P.....	35
7.1.2. NRF24L01.....	37

7.1.3. CRISTALL DE QUARS.....	38
7.2. MATERIAL SERVIDOR.....	38
7.2.1. BLUETOOTH.....	38
7.2.2. PANTALLA LCD + MÒDUL I2C.....	39
7.3. MATERIAL COMÚ NODES.....	40
7.3.1. DISPLAY 7 SEGMENTS.....	40
7.3.2. REGULADOR LM1117 3.3.....	41
7.4. MATERIAL NODE SWITCH.....	42
7.4.1. RELÉ.....	42
7.4.2. INTERRUPTOR.....	43
7.5. MATERIAL NODE DATA.....	43
7.5.1. LDR.....	43
7.5.2. TMP36.....	44
7.6. DISSENY DEL SERVIDOR.....	45
7.7. DISSENY DELS NODES.....	46
<b>8. MUNTATGE DEL HARDWARE.....</b>	<b>47</b>
8.1. PROTOTIP INICIAL.....	47
8.2. PCB.....	48
8.2.1. CADSOFT EAGLE PCB.....	49
8.3. TRIA DE PCB.....	52
<b>9. SOFTWARE MICROCONTRALOR.....</b>	<b>53</b>
9.1. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓ.....	53
9.2. DIAGRAMES DE CODI ARDUINO.....	53
9.2.1. DIAGRAMA DEL NODE DATA.....	53
9.2.2. DIAGRAMA DEL NODE SWITCH.....	55
9.2.3. DIAGRAMA DEL SERVIDOR .....	57
<b>10. APLICACIÓ MÒBIL.....</b>	<b>59</b>
10.1. ANDROID.....	59
10.2. MIT APP INVENTOR 2.....	60
10.3. ANDROID STUDIO.....	62
10.4. BASIC4ANDROID.....	63
10.5. TOUCHDEVELOP.....	63
10.6. FUNCIONAMENT DE L'APLICACIÓ MÒBIL.....	65
<b>11. FUNCIONAMENT DE LA COMUNICACIÓ.....</b>	<b>68</b>
10.1. COMUNICACIÓ NODE SWITCH.....	68
10.2. COMUNICACIÓ NODE DATA.....	69

<b>12. FUTURES MILLORES.....</b>	<b>70</b>
12.1. IMPLEMENTAR MÉS SENSORS.....	70
12.2. ESTABLIR UNA COMUNITAT.....	70
12.3. SISTEMA DOMÒTIC MODULAR.....	70
12.4. ESTABLIR UNA COMUNICACIÓ WIFI.....	71
12.5. MILLORAR L'ALIMENTACIÓ.....	71
<b>13. CONCLUSIÓ.....</b>	<b>72</b>
<b>14. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>73</b>

## ÍNDIX DE FIGURES

---

<b>Figura 1.</b> Pictograma que mostra un sistema domòtic.....	<b>12</b>
<b>Figura 2.</b> Esquema d'una instal·lació centralitzada.....	<b>14</b>
<b>Figura 3.</b> Instal·lació distribuïda.....	<b>14</b>
<b>Figura 4.</b> Kit programador X10.....	<b>16</b>
<b>Figura 5.</b> Transmissió completa X10.....	<b>17</b>
<b>Figura 6.</b> Taula amb els codis d'inicialització X10.....	<b>17</b>
<b>Figura 7.</b> Logo KNX.....	<b>18</b>
<b>Figura 8.</b> Diagrama del Sistema Domòtic Desenvolupat.....	<b>20</b>
<b>Figura 9.</b> Imatge del microcontrolador PICAXE-28.....	<b>22</b>
<b>Figura 10.</b> Imatge del datasheet dels microcontralors PICAXE-28 i PICAXE-18.....	<b>23</b>
<b>Figura 11.</b> Diagrama de funcionament dels sistemes PICAXE.....	<b>24</b>
<b>Figura 12.</b> Placa Raspeberry Pi.....	<b>25</b>
<b>Figura 13.</b> Arduino UNO R3.....	<b>27</b>
<b>Figura 14.</b> Arduino Mega .....	<b>29</b>
<b>Figura 15.</b> Taula comparativa Arduino Uno i Mega.....	<b>29</b>
<b>Figura 16.</b> Esquema ATmega328p.....	<b>36</b>
<b>Figura 17.</b> ATmega328p.....	<b>36</b>
<b>Figura 18.</b> Mòdul de ràdio NRF24L01.....	<b>37</b>
<b>Figura 19.</b> Esquema NRF24L01.....	<b>37</b>
<b>Figura 20.</b> Esquema Cristall de Quars.....	<b>38</b>
<b>Figura 21.</b> Mòdul HC-05 de 6 pins.....	<b>39</b>
<b>Figura 22.</b> Esquema de mòdul Bluetooth 4 pins.....	<b>39</b>
<b>Figura 23.</b> Pantalla LCD.....	<b>40</b>
<b>Figura 24.</b> Mòdul I2C.....	<b>40</b>
<b>Figura 25.</b> Esquema LCD + I2C.....	<b>40</b>
<b>Figura 26.</b> Esquema Display de 7 segments.....	<b>41</b>
<b>Figura 27.</b> Display de 7 segments.....	<b>41</b>
<b>Figura 28.</b> Regulador LM1117.....	<b>41</b>

<b>Figura 29.</b> Esquema LM1117.....	41
<b>Figura 30.</b> Esquema del relé.....	42
<b>Figura 31.</b> Esquema interruptor.....	43
<b>Figura 32.</b> Sensor LDR.....	44
<b>Figura 33.</b> Esquema LDR.....	44
<b>Figura 34.</b> TMP36.....	44
<b>Figura 35.</b> Esquema TMP36.....	44
<b>Figura 36.</b> Esquema sencer servidor.....	45
<b>Figura 37.</b> Esquema sencer nodes.....	46
<b>Figura 38.</b> Prototip sistema domòtic. Servidor i Node Data.....	47
<b>Figura 39.</b> Prototip sistema domòtic. Node Relé.....	48
<b>Figura 40.</b> Esquema de PCB per enviar a fer.....	49
<b>Figura 41.</b> Placa de circuit imprès per davant.....	50
<b>Figura 42.</b> Placa de circuit imprès per darrera.....	50
<b>Figura 43.</b> Node Switch (RELÉ) .....	51
<b>Figura 44.</b> Node Data (SENSOR DE LLUM I TEMPERATURA ).....	54
<b>Figura 45.</b> Pseudocodi del node Data.....	56
<b>Figura 46.</b> Pseudocodi del node Switch.....	58
<b>Figura 47.</b> Pseudocodi del Servidor.....	59
<b>Figura 48.</b> Exemple programació App Inventor.....	62
<b>Figura 49.</b> Logo de Android Studio.....	62
<b>Figura 50.</b> Logo de Basic4Android.....	63
<b>Figura 51.</b> Programació de TouchDevelop.....	64
<b>Figura 52.</b> Pantalla 1 de l'App.....	65
<b>Figura 53.</b> Pantalla 2 de l'App.....	66
<b>Figura 54.</b> Pantalla 3 de l'App.....	67
<b>Figura 55.</b> Exemple de comunicació Switch.....	68
<b>Figura 56.</b> Exemple de comunicació Data.....	69

## 1. RESUM

---

En el món actual, l'ús del telèfon mòbil o "smartphone" s'ha incrementat exponencialment a nivell mundial. L'evolució del smartphone fa que neixin noves aplicacions per a aquests, des de localitzadors molt reals fins a sistemes domòtics per poder controlar la teva pròpia casa.

La finalitat d'aquest projecte és implementar un sistema domòtic que pugui ser controlat per un telèfon mòbil. Des del disseny i la creació de l'aplicació de control, el disseny i el muntatge de la part electrònica del Hardware i el Software del sistema domòtic, així com tota la programació tant de l'App com dels dispositius domòtics.

El producte en qüestió es diferencia de la resta per tenir un pressupost econòmic reduït, per ser innovador i per la seva senzillesa, podent ser utilitzat per qualsevol persona jove o major d'edat, sense haver de tenir coneixements d'electrònica. El projecte s'ha fet amb una tecnologia actual i fiable.

Per desenvolupar aquest sistema s'ha fet un estudi intensiu de l'estat de l'art sobre la domòtica, on s'explica què és, destacant els més importants i s'explica l'estudi de cadascun dels components que s'han utilitzat.

## 1. RESUMEN

---

En el mundo actual, el uso del teléfono móvil o “smartphone” se ha incrementado exponencialmente a nivel mundial. La evolución del Smartphone hace que nazcan nuevas aplicaciones para estos, desde Navegadores muy reales a sistemas domóticos para poder controlar tu propia casa.

La finalidad de este proyecto es implementar un sistema domótico que pueda ser controlado por un teléfono móvil. Desde el diseño y la creación de la aplicación de control, el diseño y montaje de la parte electrónica del Hardware i el Software del sistema domótico, así como toda la programación tanto de la App como de los dispositivos domóticos.

El producto en cuestión se diferencia del resto por tener un presupuesto económico reducido, por ser innovador y por su sencillez, de manera que puede ser usado por cualquier persona joven o mayor de edad, sin tener conocimientos de electrónica. El proyecto se ha hecho con una tecnología actual y fiable.

Para desarrollar este sistema primero se ha hecho un estudio intensivo del estado del arte sobre la domótica, dónde se explica que es, destacando los más importantes y se explica el estudio de cada uno de los componentes que hemos utilizado.



## 1. ABSTRACT

---

The use of cellphones or smartphones today in the world has experienced an exponential increase. The evolution of the smartphone has caused creation of new applications for them: from very real localization systems to home automation systems (domotics).

The aim of this project is to implement a domotics system that can be controlled using a cellphone. Starting from the design and creation of a controlling application, the design and assembling of the electronic part of the hardware and the software used for the domotics systems, to the programming of both the app and the domotics devices.

The product at issue differentiates from the rest by its economic price, for being innovative and for its simplicity and user-friendliness, making it able to be used for both youngsters and grown-ups.

The project is been developed with an up-to-date reliable technology. For the developing of the project, an intensive study about domotics has been done, in order to address questions like what are domotics and where we explain the study of each of the components used in the project.

## 2. OBJECTIU DEL PROJECTE

---

L'objectiu d'aquest treball de fi de carrera consisteix en implementar un sistema domòtic que sigui modular. Quan es parla de modular es fa referència a què es puguin connectar tants dispositius com es vulgui i que aquests tinguin la capacitat de comunicar-se entre ells. A continuació es podrà veure com s'estableix aquesta comunicació i quins sistemes s'han utilitzat.

Una altra característica del producte és vendre'l com un sistema a "preu assequible", és a dir, qualsevol mòdul domòtic des del més econòmic, no deixa de ser car, i no tothom s'ho pot permetre. Per això el nombre de cases intel·ligents en comparació a les que no ho són segueix estan molt per sota.

El sistema destacarà per crear una domòtica via smartphone, sense necessitats de fils. L'aplicació de control marcarà quins nodes estan en estat ON, quins estan en estat OFF i amb quins no pot comunicar-se.

Aquest producte no serà el resultat final ja que com qualsevol apassionat de la domòtica, tractaré de buscar millores per obtenir un millor resultat de cara al futur.

### 3. ESTUDI DE MERCAT

---

#### **3.1. Introducció a la domòtica**

L'evolució de la tecnologia a les cases ha estat constantment visible al llarg del temps i s'ha anat desenvolupant poc a poc, és a dir, des de l'inici de les instal·lacions elèctriques, d'aigua, gas, etc. fins al punt en què la domòtica ha arribat als habitatges.

L'objectiu consisteix en què a partir d'una sèrie d'aplicacions automàtiques, l'habitatge es converteixi en un habitatge intel·ligent per tal de millorar la qualitat de vida de les persones. La branca de la tecnologia que inclou aquest seguit d'aplicacions s'anomena domòtica.

Actualment, el nombre d'habitatges domòtics encara és baix si es compara amb el nombre d'habitatges sense domòtica. No obstant això, en aquests moments l'interès de voler un sistema domòtic en l'habitatge està creixent progressivament.

D'altra banda, aquest interès també ha anat creixent perquè el preu d'obtenir un sistema domòtic cada cop és més assequible.

##### **3.1.1. Orígens de la domòtica**

Etimològicament parlant, el terme domòtica prové de la unió de les paraules *domus* (provinent del llatí, casa) i *tica* (provinent del grec, automàtica) que literalment es pot traduir com a casa automàtica o el que és el mateix, casa intel·ligent.

La tecnologia basada en la domòtica neix als EEU als anys 70 amb l'objectiu de generar un estalvi en el consum, ja que anys abans es va mantenir un període de crisi petrolera important. A Europa, però, no arriba fins a finals dels 70 amb l'aparició dels primers dispositius automàtics gràcies a la tecnologia X10. Aquesta és destacable perquè encara és utilitzada actualment.

A Espanya, la tecnologia domòtica no arriba fins dues dècades més tard, és a dir, als anys 90, malgrat que la majoria de la societat no se n'assabenta fins vora l'any 2000.

### 3.1.2. Què és la domòtica?

La domòtica és el conjunt de tecnologies aplicades al control i automatització intel·ligent d'un habitatge que permeten una gestió eficient de l'ús de l'energia, a part d'aportar un alt confort i un alt nivell de seguretat als seus habitants.

Aquesta tecnologia consisteix en dotar d'intel·ligència una casa o edifici perquè aquest mateix s'ocupi d'algunes tasques. Aquestes tasques es poden abastar des de la climatització d'una habitació fins a la complexitat de la seguretat de tot un edifici.

Les tasques les podem controlar o bé de forma local, com pot ser des d'un ordinador fix, o bé de forma remota, és a dir, des d'un telèfon o si més no, des d'un smartphone (telèfon intel·ligent) o tablet (tauleta tàctil).

Per aconseguir la creació d'un sistema domòtic es necessiten tres dispositius: els sensors, el controlador i els actuadors.



**Figura 1.** Pictograma que mostra un sistema domòtic

### **3.2. Classificació dels sistemes domòtics**

Les instal·lacions domòtiques, segons el tipus de connexió, es poden classificar en:

1. Instal·lacions centralitzades
  - Cablejades
  - Sense fils
2. Instal·lacions distribuïdes
3. Instal·lacions mixtes

A continuació, en els següents tres apartats, es dóna una breu explicació de cadascuna de les instal·lacions per als sistemes domòtics.

#### **3.2.1. Instal·lacions centralitzades**

Les instal·lacions centralitzades són aquelles en què els sensors i els actuadors estan connectats al controlador, de manera que els sensors es veuen situats com a entrades i els actuadors com a sortides.

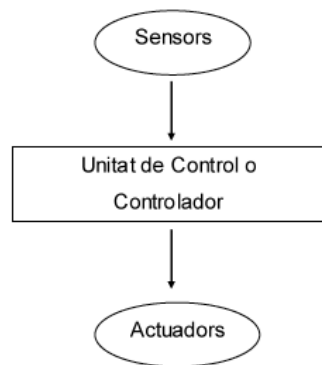
Els avantatges d'aquest tipus d'instal·lacions és que en qualsevol moment es pot reprogramar el controlador amb les funcions que es creguin convenients.

La instal·lació centralitzada també té inconvenients. Els inconvenients d'aquesta són que si per algun motiu el controlador deixés de funcionar, deixaria de funcionar tot. La solució a això és la instal·lació d'un sistema d'alimentació que mantindrà el corrent a la instal·lació en cas que deixés de funcionar la unitat de control.

Les instal·lacions centralitzades es classifiquen segons el sistema de connexió:

- Instal·lacions cablejades: són les instal·lacions en les quals tots els sensors i actuadors estan connectats a la unitat de control per mitjà de cables.

- Instal·lacions sense fils: a diferència de les cablejades, els sensors i els actuadors estan connectats al controlador per radiofreqüència.

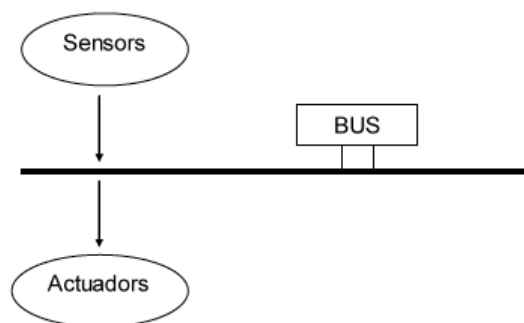


**Figura 2.** Esquema d'una instal·lació centralitzada.

### 3.2.2 Instal·lacions distribuïdes

Les instal·lacions distribuïdes són aquelles en les quals no es troba unitat de control entre els sensors i els actuadors, sinó que normalment es troba una connexió en bus.

El bus permet una connexió lògica entre els sensors i els actuadors, o sigui, representa un seguit de cables que permeten que les dades enviades pels sensors puguin ser transmeses a la memòria del bus i des d'aquí, puguin arribar als actuadors per realitzar la seva funció.



**Figura 3.** Instal·lació distribuïda

### **3.2.3. Instal·lacions mixtes**

Les instal·lacions mixtes són instal·lacions descentralitzades en les quals el control del sistema no es realitza amb un únic controlador, sinó que es realitza amb diversos controladors petits per poder assegurar el funcionament de cadascun d'ells encara que un deixés de funcionar.

### **3.3. Controls domòtics actuals**

La unitat de control dels sistemes domòtics només s'observa en les instal·lacions centralitzades. La funció del controlador és molt senzilla d'entendre, ja que bàsicament el què fa és rebre la informació que capten els sensors, la processa i la envia als actuadors corresponents.

Tot seguit, es detallen alguns dels diversos tipus de controladors que es poden utilitzar actualment en els habitatges reals. Alguns dels més importants són aquests tres:

- Tecnologia X10
- KNX
- LONWORKS

### 3.3.1. Tecnologia X10

La tecnologia X10 és un protocol de domòtica estàndard que permet el control remot de dispositius elèctrics. EL seu funcionament es basa en la connexió a la línia elèctrica (220 V o 110 V) per aconseguir transmetre la informació de forma digital, és a dir, utilitzant codi binari (alternança de 0 i 1).



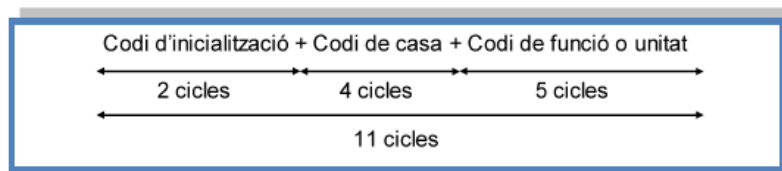
**Figura 4.** Kit programador X10

La transmissió de dades s'aconsegueix per polsos de radiofreqüència (120 KHz màxim). Un 1 binari és el que representa que a la casa hi hagi una acció, és a dir, quan els polsos són a 120 KHz; en canvi, el 0 binari representa l'absència d'acció, o sigui, polsos de 0kHz.

Aquesta només és una part de la transmissió, ja que per aconseguir-ne la transmissió completa es necessiten onze cicles de corrent organitzats de la següent manera:

- Codi d'inicialització: Format per quatre bits, aquest codi sempre és el mateix (110). Ocupa un total de dos cicles
- Codi de casa: Format per quatre bits (H1, H2, H4 i H8) que simbòlicament es representa amb lletres (A-PA; 16 codis). Ocupa quatre cicles.
- Codi de funció o d'unitat: Format per cinc bits (D1, D2, D4, D8, D16) que, o bé indiquen el codi de funció (quatre bits), o bé el codi d'unitat (quatre bits). És el cinquè bit (D16) el que ens permet saber si és un codi de funció o un codi d'unitat, o sigui, si  $D16 = 0$  és un codi d'unitat, en canvi, si  $D16 = 1$  és un codi de funció.





**Figura 5.** Transmissió completa X10.

La manera de programar els dispositius es fa manualment amb uns selectores rotatius. En el selector rotatiu de color vermell triem el codi de casa (A-P) i en el selector de color negre triem el codi d'unitat.

En resum, tenim 16 codis de casa i 16 d'unitat, per la qual cosa es poden controlar 256 dispositius en una única instal·lació elèctrica ( $16 \times 16 = 256$ ).

Códigos de Casa					Códigos de Unidad					
H1	H2	H4	HS		D1	D2	D4	D8	D16	
A	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
B	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0
C	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0
D	1	0	1	0	4	1	0	1	0	0
E	0	0	0	1	5	0	0	0	1	0
F	1	0	0	1	6	1	0	0	1	0
G	0	1	0	1	7	0	1	0	1	0
H	1	1	0	1	8	1	1	0	1	0
I	0	1	1	1	9	0	1	1	1	0
J	1	1	1	1	10	1	1	1	1	0
K	0	0	1	1	11	0	0	1	1	0
L	1	0	1	1	12	1	0	1	1	0
M	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
N	1	0	0	0	14	1	0	0	0	0
O	0	1	0	0	15	0	1	0	0	0
P	1	1	0	0	16	1	1	0	0	0
Apaga Todas las Unidades						0	0	0	0	1
Encender Todas las Luces						0	0	0	1	1
Encender						0	0	1	0	1
Apagar						0	0	1	1	1
Atenuar Intensidad						0	1	0	0	1
Aumentar Intensidad						0	1	0	1	1
Apagar Todas las Luces						0	1	1	0	1
Código Extendido						0	1	1	1	1
Petición de Saludo						1	0	0	0	1
Aceptación de Saludo						1	0	0	1	1
Atenuación Preestablecida						1	0	1	X	1
Datos Extendidos (analógico)						1	1	0	0	1
Estado = on						1	1	0	1	1
Estado = off						1	1	1	0	1
Petición de Estado						1	1	1	1	1

**Figura 6.** Taula amb els codis d'inicialització X10.

### 3.3.2. KNX

Neix al 1997, gràcies a la unió de BCI (BatiBus Club International), EHSA (European Home Systems Association) i EIBA (European Installation Bus Association), tots havien provat sort per separat, però no van començar a ser importants en el sector fins que es van unir.

Per què neix KNX? Neix per solucionar els problemes que presenten els dispositius aïllats, assegurant que tots els components es comuniquin a través d'un llenguatge comú. En resum, es necessita un sistema tal que sigui independent del fabricant i dels dominis d'aplicació.

Actualment KNX ofereix solucions per cobrir pràcticament totes les necessitats. Combina totes les funcions principals de la construcció com la climatització, la il·luminació i l'automatització de portes i persianes en un únic sistema intel·ligent, fet que permet reduir el cost d'instal·lació, així com augmentar l'adaptabilitat i flexibilitat de cara a futures ampliacions.

Entre els seus avantatges està que és un sistema modular i adaptable on qualsevol modificació no implica canvis posteriors en el cablejat (és ampliable), sinó que són canvis en la programació. És d'estàndard obert, podem adaptar qualsevol element de diferents fabricants.



**Figura 7.** Logo KNX

### 3.3.3. LONWORKS

El sistema LonWorks neix l'any 1988 de la mà d'Echelon, una companyia de Califòrnia. L'any 1999 el protocol de comunicació LonTalk va ser normalitzat com a estàndard de control de xarxes. No és fins al 2005, que es converteix en l'estàndard europeu per la domòtica, i anys més tard, al 2009 el mundial.

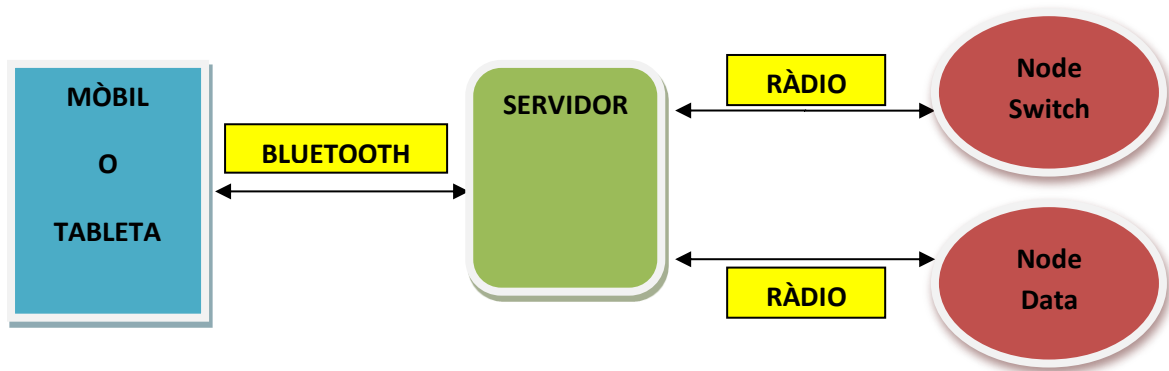
El protocol LONWORKS és un protocol basat en paquets, que es caracteritza perquè tots els nodes connectats per mitjà d'ell es comporten com a iguals entre ells. De manera que elimina el concepte client-servidor, en què un mana i l'altre dispositiu escolta.

L'algorisme d'adreçament defineix com els paquets es comuniquen d'un dispositiu a un o més dispositius, de servidor a node. Per poder comunicar 2 simples dispositius fins a 10.000, el protocol suporta diferents tipus d'adreçament. Aquestes adreces poden anar de diferents maneres:

- Adreça física: Cada dispositiu LONWORKS inclou un únic identificador de 48-bits anomenat "Neuron ANEU". Aquesta adreça s'assigna en el procés de fabricació de cada dispositiu.
- Adreça de dispositiu: Quan un dispositiu LONWORKS s'instal·la en una xarxa, se li assigna una adreça de dispositiu. S'utilitzen aquestes en comptes de les físiques perquè suporten de manera més eficient l'enviament de paquets i són més senzilles d'utilitzar alhora de reemplaçar dispositius que hagin fallat.
- Adreces de grup: Els dispositius són agrupats junts, aquests grups són una manera eficient d'optimitzar l'ample de banda d'una xarxa per a l'adreçament de paquets. Els grups es limiten a 64 dispositius si utilitzen el reconeixement de missatges.
- Adreça de retransmissió: Identifica tots els dispositius en una subxarxa. És un mètode eficient de comunicar-se amb diversos dispositius i són utilitzats en comptes de les adreces de grup per conservar el limitat nombre d'adreces de grup.

#### 4. MODEL DESENVOLUPAT

---



*Figura 8. Diagrama del Sistema Domòtic Desenvolupat.*

En el diagrama de sobre, s'aprecien les parts que tindrà el sistema domòtic a desenvolupar. Per mitjà del smartphone, s'estableix una comunicació serial Bluetooth amb el servidor. Aquest servidor estarà compost per una placa Arduino Uno R3 i altres components que s'explicaran durant el transcurs del projecte. Un cop s'estableix la connexió entre el smartphone i el servidor es pot entrar a veure els nodes.

Els nodes envien la informació al servidor i permeten veure si estan o no connectats. Gràcies a l'aplicació de control, es pot triar quin node volem tenir activat i quin desactivat. També es pot canviar de canal de node manualment, mitjançant un botó (mostrat per un display de 7 segments) que mostrarà en quin canal estem. La comunicació dels nodes amb el servidor es comunica mitjançant uns mòduls de ràdio que s'explicaran més endavant amb profunditat.

Tindrem dos nodes, però es diferenciaran l'un de l'altre especialment perquè un disposa d'un interruptor i un relé i l'altre d'uns sensors de temperatura i llum.

Com ja s'ha comentat anteriorment s'intentarà que el sistema destaquï per ser modular, de manera que en el futur es puguin tenir sis o set nodes. Es destaca que en aquest cas no s'ha posat perquè es faria de la mateixa manera, i és una manera

d'estalviar diners en comprar components electrònics i guanyar temps, ja que seria repetir els passos anteriors que ja s'havien fet. Com a conclusió es pot extreure que es podria ampliar amb facilitat.

Es podria dir que és un sistema “low cost” si és comparat amb qualsevol mòdul d'un habitatge real, ja que el mòdul més barat podria valer entre 350-400 €/unitat.

No tota la domòtica es pot controlar per sistemes sense fils i menys per telèfon mòbil, la ràpida accessibilitat que dona l'App és un punt a favor.

Finalment cal destacar que és una tecnologia “Plug & Play”, és a dir, “Connectar i utilitzar”. L'usuari no ha de tenir coneixements d'electrònica ni informàtica per començar a utilitzar aquest automatisme. Per tant, es poden canviar els canals dels nodes manualment amb el display de 7 segments i el botó.

## 5. POSSIBLES ALTERNATIVES

---

Abans de dur a terme el projecte s'han analitzat prèviament totes les opcions possibles dins de l'abast tècnic i econòmic. A continuació s'explicarà perquè s'ha triat la placa Arduino, concretament el microcontrolador de la placa, l'Atmega328p en comptes d'altres plaques com les PICAXE o les Raspberry Pi.

### 5.1. PICAXE

El sistema PICAXE és un sistema de circuits integrats que contenen memòria, unitats processadores i circuits d'entrada i sortida, és a dir, és un sistema amb microcontrolador de fàcil programació. Aquests microcontroladors estan buits quan els comprem, o sigui, que hauran de ser programats posteriorment.

El llenguatge de programació amb el qual treballen els sistemes PICAXE s'anomena BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code).

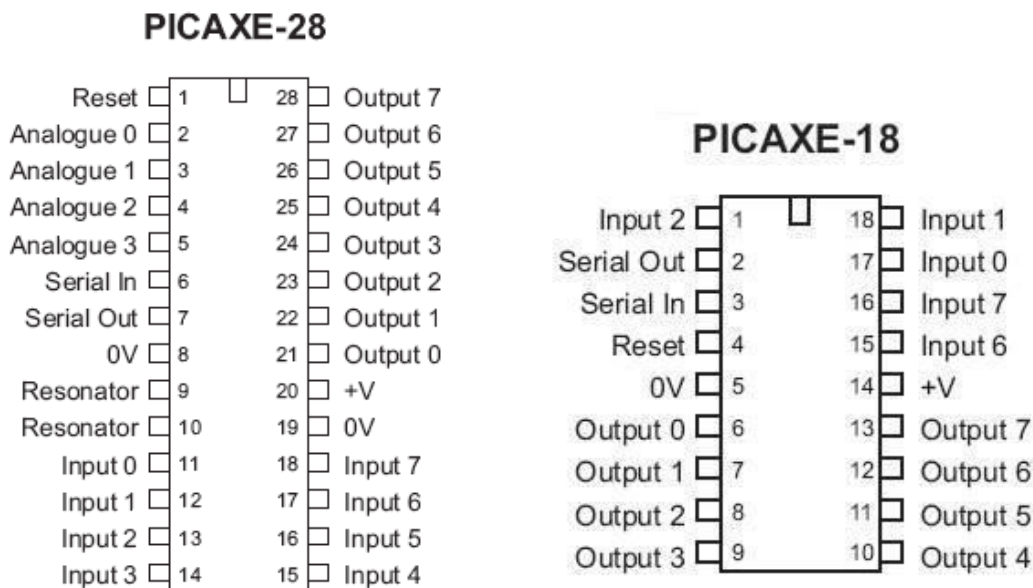


**Figura 9.** Imatge del microcontrolador PICAXE-28

El sistema de xips PICAXE es troba disponible en moltes varietats (PICAXE-08, PIXAXE-40, PICAXE-20M, etc.) encara que només incidirem en els més utilitzats:

- PICAXE-18, que conté 13 pins d'entrada i de sortida (8 sortides i 5 entrades).

- PICAXE-28, que conté 22 pins d'entrada i de sortida (8 sortides digitals, 8 entrades digitals i 4 entrades analògiques).



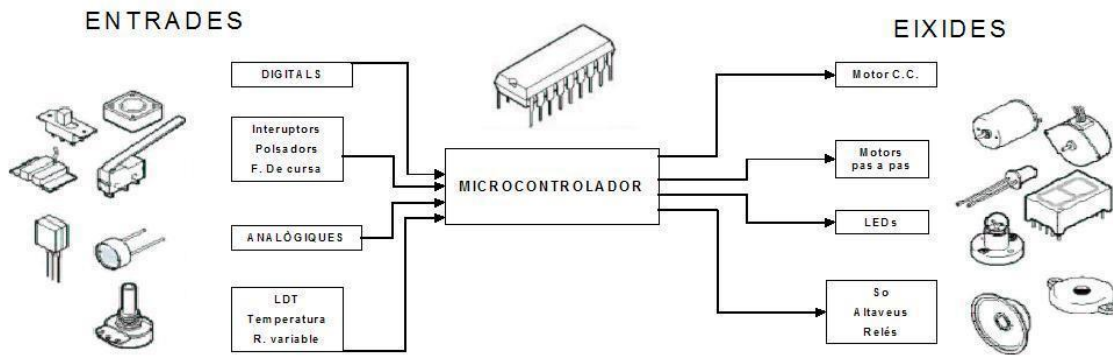
**Figura 10.** Imatge del datasheet dels microcontroladors PICAXE-28 i PICAXE-18

El microcontrolador és destinat a executar els programes que han estat descarregats en aquest per mitjà de l'ordinador utilitzant els pins de transferència de dades amb l'ordinador (Serial In/Serial Out, com s'observa a les figures de dalt). No obstant això, per fer funcionar el microcontrolador, aquest ha d'estar connectat a un tauler electrònic.

Depenent del temps i la necessitat es pot triar entre taulers amb:

- Circuits impresos dissenyats per un mateix (PCB, en parlarem més endavant)
- Interfases prefabricades: Les interfases prefabricades, a diferència dels anteriors, el circuit imprès ja ve al tauler electrònic.
- El tauler tutorial inclòs: Són taulers estàndards, dissenyats pel fabricant.

En conclusió, els sistemes PICAXE també es poden utilitzar per a la construcció de projectes com aquest, encara que el repertori d'entrades i sortides, tant digitals com analògiques, és bastant limitat. Per això, s'ha optat per la tria de la placa Arduino, que seguidament faré la descripció i explicaré el motiu de la seva tria per al projecte.



**Figura 11.** Diagrama de funcionament dels sistemes PICAXE

## **5.2. Raspberry Pi**

La Raspberry Pi és un ordinador de la mida d'una targeta de crèdit, de preu baix i que es pot connectar a un monitor o televisió, pot utilitzar un ratolí i un teclat estàndards. Raspberry Pi és un petit dispositiu que permet a la gent de totes les edats començar en el món de la informàtica bàsica, a més d'aprendre a programar en diferents llenguatges com Python. És capaç de fer com si fos un ordinador de sobretaula, navegació a internet o reproduir vídeos d'alta qualitat.

La Raspberry Pi té l'habilitat d'interactuar amb el món real, ja que ofereix un munt d'eines de cara a facilitar processos quotidians. Raspberry Pi permet, per exemple, fer una ràdio digital, una estació meteorològica, un control amb càmeres d'infrarojos... A més, està pensada per arribar als països desfavorits i a les persones que tenen dificultats per accedir a la informàtica.

A diferència dels ordinadors a què la majoria estem acostumats, que funcionen amb Windows o Macintosh, la Raspberry treballa amb el sistema operatiu Linux, un exemple de software de codi obert i gratuït, amb una filosofia completament diferent dels primers. En comptes de ser creat entre parets i en secret, Linux ha estat possible gràcies a empreses i voluntaris experts, on cadascú aporta el seu granet d'arena. Qualsevol és lliure d'inspeccionar el codi i modificar-lo al propi gust. Molts dels programes a què estem acostumats no funcionen amb Linux, però existeixen programes compatibles de qualsevol temàtica també gratuïts per a Linux. S'inicia amb una pantalla amb únicament un cursor, esperant que s'hi entrin



instruccions, però també es pot iniciar la interfície gràfica i navegar-hi entre icones amb un ratolí per començar a treballar amb els programes que hi venen inclosos, com ara navegar per la xarxa, utilitzar processadors de textos i fulls de càlcul, editar fotografies, reproduir música o vídeos, o jugar a jocs. En resum, és un ordinador que, segons els creadors, és l'equivalent a un ordinador de fa 10-15 anys, però amb una targeta gràfica molt millor, capaç de reproduir un vídeo d'alta resolució 1920x1080 (Blu-Ray).



**Figura 12.** Placa Raspeberry Pi

Per què s'ha decidit utilitzar Arduino en comptes de Rasperry Pi? Com s'acaba d'explicar una Rasperry Pi és un petit ordinador amb una mida molt petita, és molt més potent que Arduino, però també és més car i suposa una major dificultat de programació. El preu de la Rasperry, tot i ser bastant econòmic està entre uns 50/60 €. D'altra banda, una placa Arduino la podem trobar per 13/20€.

Fent una petita comparació amb cotxes, podríem dir que no necessitem un cotxe d'alta gama per començar a conduir. En aquest projecte podríem dir una cosa semblant, i és que no necessitem d'una Rasperry Pi quan amb un Arduino Uno o un Arduino Mega ja seria suficient.

### **5.3. Arduino**

Aquesta placa base és la que té més importància en el projecte, ja que és la que s'ha utilitzat per crear el sistema domòtic a desenvolupar. En el prototip que s'ha provat primerament, abans de realitzar la placa de circuit impresa, s'ha utilitzat un Arduino Uno R3 simulant el dispositiu "servidor" i altres dos Arduino per simular els nodes, un altre Uno R3 (Node Switch) i un Mega (Node Data).

S'ha de recalcar que el resultat final està realitzat amb una PCB per als nodes, i en el cas del servidor per un Arduino amb protoboard, més endavant s'explicarà perquè el servidor no s'ha fet amb PCB. En tots els casos s'ha utilitzat el microcontrolador de l'Arduino, l'Atmega328p. Per això, es dóna tanta importància a l'Arduino en aquest projecte, ja que el dispositiu que fa la funció de servidor, com per als dispositius que faran de nodes, s'utilitza el microcontrolador de l'Arduino, i aquest ha estat programat gràcies al seu IDE. Veurem com s'han programat els microcontroladors més endavant.

La alimentació que s'ha donat tant als nodes com al servidor es via USB a 5V DC a 1A. Com que en aquest projecte s'ha utilitzat l'Arduino Uno R3 i l'Arduino Mega, a continuació els explicarem, però primer veurem què és Arduino.

Arduino és una plataforma d'hardware o maquinari lliure d'accés públic, basada en una placa que conté un microcontrolador i una IDE (Integrated Development Enviroment), o el que seria el mateix, un entorn de desenvolupament integrat. Aquest entorn de desenvolupament és un programa informàtic que permet la programació de la placa.

El hardware bàsicament consta d'un microcontrolador Atmega328p i d'una sèrie de pins d'entrada i sortida. Però també s'hi troben condensadors, resistències, etc. Tot allò necessari perquè la placa funcioni correctament.

L'entorn de desenvolupament integrat (software) utilitza el llenguatge de programació basat en Proccesing/Wiring i un carregador d'arrencada (bootloader) que prepara tot el que necessita el sistema operatiu per funcionar. El bootloader es troba a la placa.

### 5.3.1 Arduino UNO R3

La placa Arduino UNO R3 es centra en el microcontrolador Atmega328p. Conté 14 pins d'entrada/sortida digitals (6 d'ells es poden utilitzar com a sortida en PWM) i 6 pins d'entrada analògica. Tots ells s'expliquen més endavant en aquest mateix apartat.

Com és lògic, la placa necessita un voltatge per funcionar, és a dir, necessita estar connectada al corrent de 5V DC a 800mA.

- Voltatge d'entrada recomanable: 7-12 V
- Voltatge d'entrada límit: 6-20 V
- Voltatge operatiu: 5 V

La placa funcionaria igualment si li connectem un voltatge d'entrada de 6 a 20 V. El que passa és que si introduïm un voltatge d'entrada inferior a 7 V, el més probable és que la placa treballi de manera inestable. Si li donem a la placa un voltatge superior als 12 V, segurament la placa es veurà afectada fent que la seva funcionalitat sigui incorrecta. Per tant, com s'ha comentat abans, el voltatge d'entrada recomanable a la placa és de 7 a 12 V.



**Figura 13.** Arduino UNO R3

Per explicar la funcionalitat dels pins de l'Arduino, es farà una petita agrupació de tot ells:

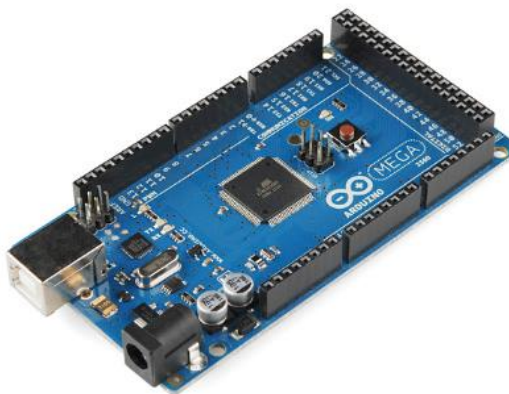
- Pins digitals (Digital): Els pins d'entrada i sortida digitals són els 14 pins (0-13) que es troben a la part superior de la placa. Tots operen a un voltatge de 5 V i una intensitat màxima de 40 mA. A part, trobem alguns pins que tenen alguna funcionalitat diversa:
  - Pins Serials: Aquests pins són el 0 (RX) i l'1 (TX). En aquests pins no s'hi pot connectar res, ja que són els que tenen la funció de rebre (RX) i transmetre o enviar (TX) la informació de l'ordinador a la placa.
  - PWM (Pulse Width Modulation): Els pins amb modulació ampla de polsos són els que es troben a la placa amb el símbol ~ (Es poden utilitzar tant com a pins digitals o PWM). Concretament són els pins 3, 5, 6, 9, 10 i 11. Els pins PWM el que fan, és variar el valor mitjà del voltatge aplicat. Uns exemples d'aplicació dels senyals PWM seria la de controlar la quantitat d'energia a una càrrega o actuar com a un DAC (Conversor digital a analògic).
- Pins analògics d'entrada (Analog Inputs): Aquest model de placa conté 6 pins d'entrada analògica (A0-A5) que es troben a la part inferior. Cadascun dels 6 pins proporcionen 10 bits de resolució, és a dir, 1024 valors diferents (0 a 1023). Perquè funcionin els elements connectats en aquests pins, aquests hauran d'estar connectats entre ells de manera correcta amb els pins de GND, 5 V i qualsevol dels pins analògic (A0-A5).
- Pins que proporcionen la potència de sortida (Voltatge i Corrent): Els pins que ens donen la potència de sortida són imprescindibles, ja que sense aquests la placa no tindria per on donar el corrent perquè els elements connectats en ella fessin la funció desitjada. Aquests pins són el 5V, 3.3 V, GND (Ground) i Vi.

### 5.3.2 Arduino Mega

La següent placa funciona exactament igual que la de l'Arduino UNO R3, és per això que no es tornarà a comentar la funció dels pins d'alimentació, dels pins PWM, dels analògics i dels pins digitals.

El més important d'aquesta placa és que utilitza un microcontrolador completament diferent que es diu Atmega2650.

Conté 54 pins digitals d'entrades o sortides, dels quals 14 es poden utilitzar com a PWM i 16 entrades analògiques. Una altra diferència és que té 4 UARTs (Ports de hardware en sèrie).



*Figura 14. Arduino Mega*

### 5.3.3 Comparativa

Comparativa		
Característiques	Arduino	
	UNO R3	Mega 2560
Micro	Atmega328p	Atmega2560
Voltatge entrada	7-12 V	7-12 V
Freqüència de rellotge	16 MHz	16 Mhz
I/O digitals	14	54
Inputs analògiques	6	16
Senyals PWM	6	14
UART	1	4
Memòria Flash	32Kb	256Kb

*Figura 15. Taula comparativa Arduino Uno i Mega*

Tal i com s'aprecia en aquesta taula comparativa, l'única cosa que canvia del Mega a l'Uno, és el microcontralor i que el Mega disposa de més pins d'entrada i sortida. Les dues plaques són igual de potents.

Com s'ha comentat anteriorment, en les proves realitzades amb protoboards s'ha utilitzat un Arduino Mega i dos Arduino UNO R3 per aprofitar material. Després sí que s'ha fet unes PCB ben soldades amb el microcontrolador de l'Arduino UNO R3 per als dispositius finals.

## 6. COMUNICACIONS SENSE FILS

---

Com que ja hem anomenat en diferents llocs que el projecte serà modular, la millor manera és realitzar una comunicació sense fils. A continuació explicarem què és i els diferents tipus que tenim.

Quan parlem de comunicació sense fil o sense cables, ens referim a aquella comunicació (emissor/receptor) que no es troba unida per un mitjà de propagació físic, sinó que utilitza la modulació d'ones electromagnètiques a través de l'espai. D'aquesta manera, els dispositius físics són aquells que estan presents en els emissors i receptors del senyal.

El món actual s'està acostumant a utilitzar connexions sense fils. Ja sigui per comoditat, per ubicació, o bé per mobilitat, cada cop és més freqüent utilitzar connexions sense fils. L'objectiu del món actual és evitar qualsevol tipus de connexió per cable.

A continuació s'explicarà algun dels diferents tipus de comunicació sense fils que existeixen. També s'explicarà perquè hem utilitzat la ràdio i el Bluetooth per al sistema domòtic a desenvolupar.

### **6.1 Infrarojos**

La comunicació sense fil per infrarojos, ens permet establir una comunicació entre dos nodes amb un desavantatge, que com a mínim hem de tenir un parell de sensors (un en el dispositiu que envia i l'altre en el que rep). Això, en aplicacions que requereixin un alt grau de seguretat, pot convertir-se en un avantatge.

Un dels principals avantatges d'aquesta tecnologia és que és immune al soroll electromagnètic, a part, cal destacar que els dispositius que utilitza són simples i relativament barats. Per utilitzar aquest tipus de comunicació no es requereix cap llicència i és una tecnologia consolidada des de fa molts anys.

Com a inconvenients importants que ens pot donar aquest tipus de comunicació cal destacar la sensibilitat que té al soroll infraroig produït principalment per la llum solar, o bé per llums artificials.

Un altre inconvenient que acostuma a presentar és la necessitat de visió directa entre emissor i receptor, és a dir, no són capaços de travessar parets com és el cas de la ràdio, el WIFI o el Bluetooth (radiofreqüències). Si volguéssim incrementar la potència perquè arribés més senyal podríem tenir algun problema en la visió dels nostres ulls.

L'inconvenient més important a destacar és que té un alt consum en les bateries dels nostres telèfons mòbils, i com ja hem dit abans, el nostre producte es comunicarà des del telèfon mòbil.

## **6.2. Bluetooth**

El Bluetooth és una especificació industrial per xarxes sense fils d'àrea personal (WPANs), que possibilita la transmissió de veu i dades entre diferents dispositius mitjançant un enllaç per radiofreqüència en la banda ISM dels 2,4 GHz

La comunicació Bluetooth és la més indicada per establir una connexió des del nostre smartphone o tableta amb el microcontrolador gràcies a la seva facilitat en establir aquesta comunicació.

Un dels principals avantatges de la tecnologia Bluetooth és que podem connectar diferents dispositius electrònics de manera ràpida, els dispositius Bluetooth són de baix cost i curt abast, ja que té com a objectiu que la seva connexió sigui universal. De manera que es poden connectar entre ells i enviar-se i rebre dades.

La seguretat consta de diverses maneres de xifrat de dades, a més a més, disposa d'un PIN abans d'establir la comunicació entre dispositius. Aquesta seguretat és fàcil de desxifrar si tenim els programes per desxifrar els pins de connexió.

Els desavantatges d'aquesta tecnologia és que a llarga distància tenen molta distorsió del senyal, i no és recomanable utilitzar a més de 10 metres. Un altre inconvenient és que comparat al WIFI té una velocitat baixa.



Com a últim inconvenient és que poden tenir problemes quan connectem dos o més dispositius.

### **6.3. Ràdio**

La ràdio ens permet establir comunicacions sense fils entre els nostres dispositius Arduinos per mitjà d'un canal de ràdio.

La virtut d'aquesta comunicació és que disposa de dispositius de molt baix cost (entre 2/3€ cada mòdul) i sobretot amb una programació no gaire complicada. Els dispositius de ràdio solen ser adaptables a altres dispositius de diferents fabricants.

Aquesta comunicació és bidireccional, tant es pot comunicar un com l'altre, a diferència que no es poden enviar dades a la vegada. És a dir, primer parla un dispositiu i un cop ha acabat espera resposta de l'altre.

El gran avantatge pel qual s'ha decidit utilitzar un mòdul de ràdio és la gran informació que hi ha a Internet de llibreries per programar aquest mòdul.

### **6.4. WIFI**

El WIFI és una tecnologia de xarxa local sense fils que permet a un dispositiu electrònic intercanviar dades o connectar amb Internet sigui a 2,4GHz o 5GHz.

El problema del WIFI és que la programació és molt complicada, ja que s'ha de comprar uns mòduls Shields no gaire econòmics, a part de crear una xarxa per poder-s'hi comunicar.

El WIFI és el sistema més segur de totes les comunicacions anomenades, crea una xarxa i tothom que tingui la contrasenya pot entrar i comunicar-se entre ells. Aquesta contrasenya és molt més extensa que no pas els 4 pins del Bluetooth.

L'ideal de domòtica seria que tota la casa estigués connectada a una xarxa WIFI, els dispositius no s'haurien de comunicar un a un, podrien estar tots connectats entre ells.

El WIFI té el mateix estàndard a tot arreu, no té problemes de fabricants.

### **6.5. Comparativa**

Les WIFI ens permeten connectar-nos a Internet amb facilitat i podem publicar pàgines Web amb valors dels nostres sensors i Arduinos o simplement accedir a aquests Arduinos i passar-los paràmetres o ordres. El Bluetooth és ideal si volem controlar els nostres Arduinos sense més controlador que un mòbil que ja portem habitualment a la butxaca.

Però tant el Bluetooth com el WIFI tenen unes limitacions considerables pel que fa a la distància a la qual podem usar-ho. És per això que s'ha decidit el dispositiu de ràdio NRF24L01. Aquest dispositiu es pot trobar en multitud de llocs, de diferents fabricants, tots compatibles entre ells i sobretot per pocs diners.

A la llarga seria ideal aconseguir connectar-los per WIFI, però com que aquest projecte es presenta a la universitat no podem estar programant cada cop que volguem accedir-hi. Perquè els nodes porten la programació ja integrada i soldada a la PCB.

Com s'ha dit abans, la ràdio no necessita cap xarxa com el WIFI, això fa que sigui més fàcil de programar i a sobre disposa de menor consum i arriba a major distància.

## 7. HARDWARE

---

A continuació s'explica el material que s'ha utilitzat per a la creació dels dispositius "Servidor" i Nodes "Switch" i "Data". El Node Switch serà el que portarà el Relé i s'utilitzarà com a interruptor mentre que el Node Data serà el que porti els sensors de llum i temperatura.

### **7.1. Material comú per al Servidor i els Nodes**

El material que explicarem a continuació serà el mateix per al Servidor i Nodes, de manera que únicament s'explicarà una vegada, així no l'haurem d'anar repetint contínuament. Més endavant, podrem veure a l'esquema on va situat cada dispositiu electrònic.

#### **7.1.1. Atmega328p**

El microcontrolador escollit és l'Atmega328p. És el xip que incorpora la plataforma Arduino, això ens permet utilitzar el seu IDE. Arduino és una comunitat molt grant on desenvolupen hardware i software propi d'equips informàtics més grans, per tant, i per afrotitar aquestes avantatges s'ha decidit utilitzar el següent microcontrolador, ja que s'adapta a les necessitats establertes, i d'aquesta manera es pot simplificar moltíssim la programació gràcies a les seves llibreries.

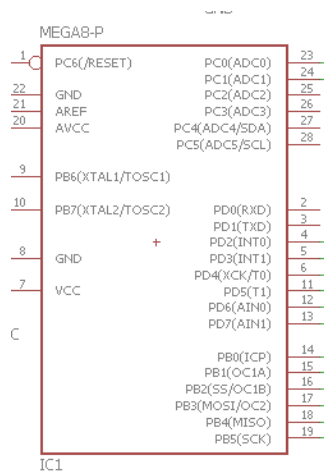
S'ha incorporat un condensador de 33nF molt proper als pins d'entrada de tensió i massa del microcontrolador. Com que es tracta d'un circuit commutat és sensible a les senyals d'alta freqüència, ja que el circuit podria fer d'antena, per això s'utilitza aquest condensador de desacoblament de l'alimentació.

L'Atmega 328p és un xip microcontrolador creat per ATMEL (Important companyia creadora de memòries, microcontroladors i dispositius de radiofreqüència entre altres) i de la família AVR (Tipus de "micros").

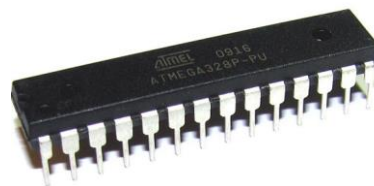
El micro de 8 bits ve amb un encapsulat DIP de 28 pins, disposa de 6 entrades analògiques, amb un ADC de 10 bits i 15kbps. També disposa de 16 entrades i/o sortides digitals, de les quals 6 són PWM. El microcontrolador disposa del bus de connexions I2C i tres rellotges interns. Disposa d'un port serial, el qual facilita la connexió via Bluetooth. L'arquitectura del microcontrolador és de 8-bit AVR, disposa de 32K de memòria flash, 2K de RAM i 1K de EEPROM, pot funcionar fins a 20MHz amb cristall extern.

Aquest xip treballa en mode IDE, per poder funcionar necessitarà un cristall de quars de 16MHz extern o ressonador, una alimentació de 5V i una connexió en sèrie.

L'Atmega328p pot ser programat en el mateix circuit i funciona entre 1.8 V i 5V de tensió.



**Figura 16.** Esquema ATmega328p



**Figura 17.** ATmega328p

### 7.1.2. NRF24L01

Els mòduls de ràdio NRF24L01 són els més econòmics que tenim quan volem parlar de comunicacions sense fils entre microcontroladors, a més a més es poden trobar mòduls de diferents fabricants, i tots, compatibles entre ells, els podem connectar entre ells i fer que treballin tant en mode emissor com en mode receptor, és a dir, tant poden enviar com rebre dades. Una altra característica a destacar és el seu baix consum.

Aquest dispositiu integra en un únic xip, tota l'electrònica i blocs funcionals precisos, per establir comunicacions RF (Ràdio Freqüència) entre dos o més punts a diferents velocitats (fins a 2Mb/s), amb correcció d'errors i protocol de reenviament quan és necessari, sense intervencions del control extern. Això ens permet oblidar-nos de la feina complicada relacionada amb la transmissió física.

Una característica d'aquest xip ràdio és que només pot enviar o rebre dades, no pot fer les dues coses alhora.

Els xips NRF24L01 operen en la banda de 2.4GHz (de lliure ús a nivell mundial), tenen una velocitat configurable de 250kb/s, 1Mb/s o 2Mb/s i un consum realment baix quan estan en "StandBy" (En estat de repòs).

La distància d'abast de la comunicació és d'uns 25 metres fins a 80 metres, depenent si els nodes tenen una visió directa o al contrari, tenen obstacles entre mig. És important destacar que aquests mòduls funcionen a 3.3V, si els connectem a 5V patim el risc de cremar els xips.

Aquests mòduls de ràdio utilitzen el bus SPI per accelerar la connexió amb el microcontrolador, amb tot no tindrem problema perquè Arduino té una llibreria que es diu RF24 perquè puguin enviar i rebre dades.

El bus SPI (Serial Peripheral Interface) no és res més que un estàndard per controlar qualsevol dispositiu electrònic digital que accepti un flux de bits sèrie regulat per un rellotge (clk).



**Figura 18.** Mòdul de ràdio NRF24L01.

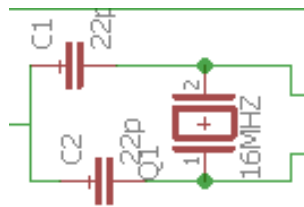


**Figura 19.** Esquema NRF24L01.

### 7.1.3. Cristall de Quars de 16MHz

El cristall de quars permet el correcte funcionament de la targeta i estableix la unitat mínima de temps per a la sincronització dels bits durant la comunicació.

S'utilitza un cristall de 16.000 Hz perquè el software de l'Arduino està programat per aquest. Es podria utilitzar un a 20 MHz però s'hauria de canviar el software, ens referim a què si es canvia el cristall, aquest afectarà i tindrem diferents temps d'instrucció.



**Figura 20.** Esquema Cristall de Quars

## 7.2. Material utilitzat per a la realització del Servidor

Finalment, el servidor s'ha presentat igual que en la imatge que es pot veure més endavant amb protoboard. Com que de servidor només en tindrem un, s'ha arribat a la conclusió que no era recomanable fer una placa de circuit imprès per només un dispositiu. En el cas dels nodes surt a compte perquè fem una PCB, però després, imprimim 10 més i surt a compte, ja que el cost econòmic està en fer una placa, després podem imprimir tantes com vulguem a un preu molt "low cost". Com hem explicat abans, a la llarga, voldrem tenir un sistema modular i podrem tenir tantes plaques del tipus Node Switch o Data com es vulgui.

### 7.2.1. Mòdul Bluetooth HC-05

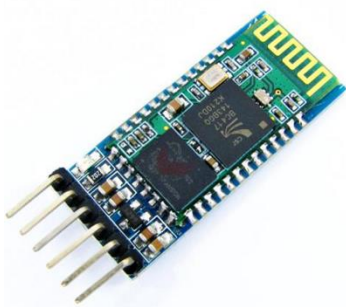
La funció d'aquest mòdul és la d'establir una comunicació entre el smartphone amb ajuda d'aplicacions software i el servidor sense la necessitat de cables, és a dir, per un mitjà sense fils (uns 10 metres aprox.). Per això hem utilitzat la tecnologia Bluetooth, ja que és una eina molt utilitzada en la tecnologia d'avui en

dia i és molt accessible. Entre les seves característiques principals tenim la seva baixa complexitat, el seu baix consum i sobretot el seu baix cost.

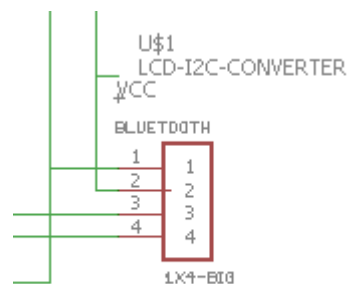
Existeixen molts models de Bluetooth, però en projectes d'electrònica els més utilitzats són els mòduls JY-MCU, gràcies a la seva economia, baix consum i facilitat de comunicar-se amb la placa Arduino. Aquests mòduls contenen els pins necessaris per realitzar la comunicació sèrie.

Tenim dos models de JY-MCU, el HC-05 i el HC-06, podríem haver utilitzat qualsevol dels dos ja que en el nostre cas només necessitem que el mòdul actuï com esclau, però com que disposàvem d'un HC-05 per casa hem utilitzat aquest.

La diferència entre un i altre és que el HC-05 pot ser utilitzat com a mestre/esclau i el HC-06 només com a esclau, la diferència és que quan el mòdul actua com a esclau és el dispositiu el que es connecta al mòdul, mentre que en mode mestre és el mòdul el que es connecta al dispositiu. Com que en el nostre cas només necessitem que el telèfon mòbil sigui el que actuï de mestre i el mòdul d'esclau podríem haver utilitzat qualsevol dels dos.



**Figura 21.** Mòdul HC-05 de 6 pins.



**Figura 22.** Esquema de mòdul Bluetooth 4 pins.

### 7.2.2 Pantalla LCD + Mòdul I2C

La mesura de la pantalla és de 16x2. Tot i que es controla per l'App mòbil la pantalla s'ha posat per veure quan s'estableix la connexió entre el dispositiu i l'aplicació.

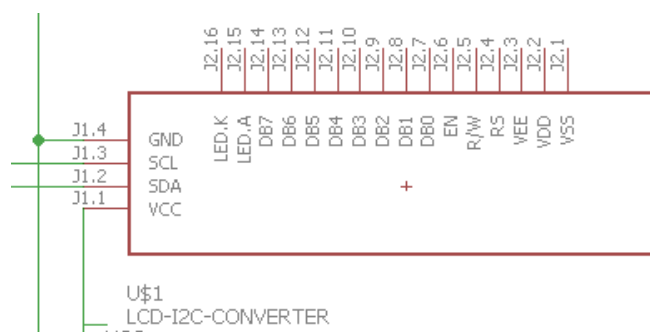
Per poder estalviar sortides en el microcontrolador i disposar d'una millor organització de cables, s'ha optat per controlar la pantalla mitjançant el bus I2C. Per dur a terme això, s'ha utilitzat un chip per convertir les set entrades requerides en només dues, SCL i SDA.



**Figura 23.** Pantalla LCD.



**Figura 24.** Mòdul I2C.



**Figura 25.** Esquema LCD + I2C.

### **7.3 Material comú per als Nodes**

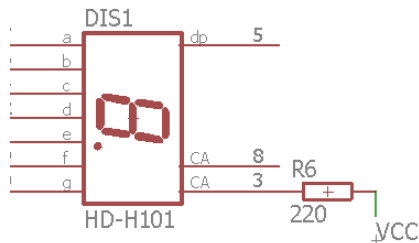
Si s'ha fet una PCB comuna per als nodes, precisament és perquè porten molts dispositius en comú. El node Switch tindrà el relé i un interruptor i el node Data els sensors de llum i temperatura. Però els dos compartiran el display, el microcontrolador, el regulador de tensió, condensadors, resistències, etc.

#### **7.3.1 Display 7 segments**

El display de 7 segments, és un component que s'utilitza per a la representació de nombres en molts dispositius electrònics. Cada vegada és més freqüent trobar LCD's en aquests equips (a causa de la seva baixa demanda energètica), encara hi ha molts que utilitzen el display de 7 segments per la seva simplicitat. Aquest element es programa de manera que es pugui activar cada segment (díode LED)



per separat aconseguint d'aquesta manera combinar els elements i representar tots els nombres en el display (del 0 al 9). El display de 7 segments més comú és el de color , per la seva facilitat de visualització.



**Figura 26.** Esquema Display de 7 segments.



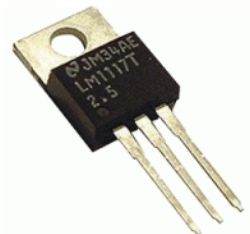
**Figura 27.** Display de 7 segments.

### 7.3.2. Regulador LM1117 3.3

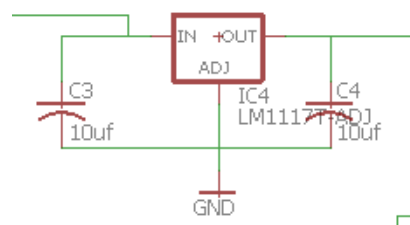
Un LM1117 és un regulador de tensió que ens ofereix una sortida de tensió estable a +3.3V i 0,8 A de intensitat.

Aquest regulador no es cremarà, sempre i quan l'alimentem amb un voltatge d'entrada d'entre 2 a 15 V.

La pota esquerra correspondrà al terra (GND), la del mig al voltatge de sortida (Vout) i la de la dreta al voltatge d'entrada (Vin).



**Figura 28.** Regulador LM1117.



**Figura 29.** Esquema LM1117.

## 7.4. Material Node Switch

El node switch inclourà un relé de 5V, un pulsador per al display i un interruptor per poder apagar i encendre manualment, a part del material explicat anteriorment.

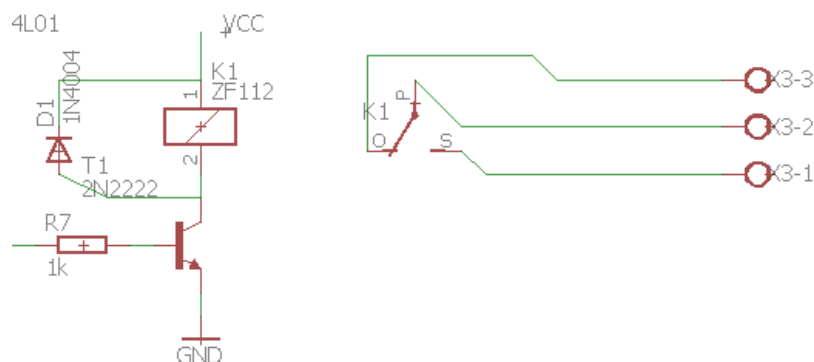
### 7.4.1. Relé

És un dispositiu que consta de dos circuits diferents: un circuit electromagnètic (electroimant) i un circuit de contactes, al qual aplicarem el circuit que volem controlar.

El relé també pot ser considerat com un amplificador elèctric, ja que és capaç de controlar circuits de sortida molt major als d'entrada.

El seu funcionament es basa en el fenomen electromagnètic. Quan el corrent travessa la bobina, produeix un camp magnètic que magnetitza un nucli de ferro dolç (ferrita). Aquest atreu a l'induït que força els contactes a tocar-se. Quan el corrent es desconnecta tornen a separar-se.

Conté un terminal comú i dos contactes, un NO (normalment obert) i un NC (normalment tancat). Quan passa el corrent el NO es tanca i el corrent passa pel NC.

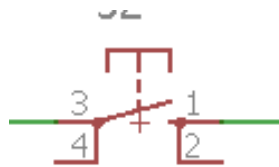


**Figura 30.** Esquema del relé.

### 7.4.2. Interruptor

Un interruptor és un operador elèctric que té la funció de controlar circuits elèctrics (per obrir o bé per tancar el circuit).

L'interruptor que nosaltres hem utilitzat consta d'una entrada i dues sortides, disposa de tres borns de connexió.



**Figura 31.** Esquema interruptor.

## 7.5. Material Node Data

El node data està compost d'un sensor de llum i un altre de temperatura, a part de tot el material citat anteriorment.

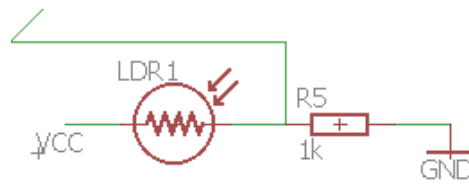
### 7.5.1. LDR

La LDR, procedent de l'anglès light-dependent resistor, és un dispositiu electrònic semiconductor emprat per produir un senyal de sortida en resposta a un altre senyal d'entrada (una resistència) que té la propietat de variar el seu valor en funció de la intensitat de la llum incident. Està format per una cèl·lula fotoreceptora i dues patilles (tal com podem veure a la imatge de sota).

La variació del valor de la resistència té cert retard, és diferent de si passa de fosc a clar o de molta claror a fosc. Això ens aconsella a no utilitzar els LDR en aplicacions en les quals el senyal de llum varia amb molta rapidesa. Nosaltres hem utilitzat el LDR pel seu baix cost en el mercat i perquè aquest retard pot arribar a ser de mig segon, un retard molt petit per al nostre sistema domòtic.



**Figura 32.** Sensor LDR.

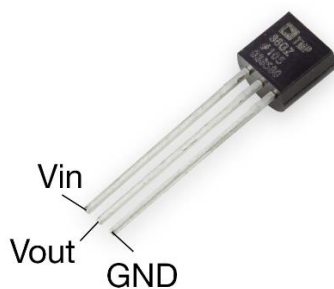


**Figura 33.** Esquema LDR.

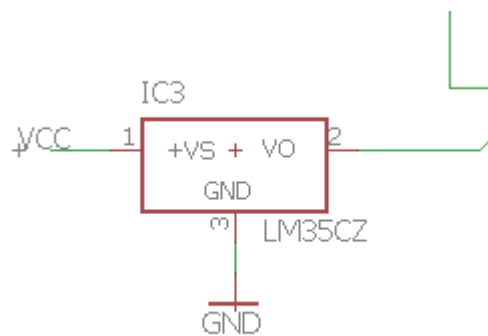
### 7.5.2 TMP36

Un TMP36 és simplement un sensor de temperatura, aquest sensor consta d'un xip que ens retorna un valor de tensió proporcional a la temperatura a la que està sotmès. Hem utilitzat el TMP36 perquè ja el tenia d'una pràctica anterior però també podríem haver utilitzat un LM35DZ.

Aquest sensor mesura la temperatura en graus centígrads, funciona entre  $-50^{\circ}\text{C}$  i  $125^{\circ}$  i té una tolerància de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , és a dir, un grau amunt o un grau avall.



**Figura 34.** TMP36.



**Figura 35.** Esquema TMP36.

## 7.6. Disseny del Servidor

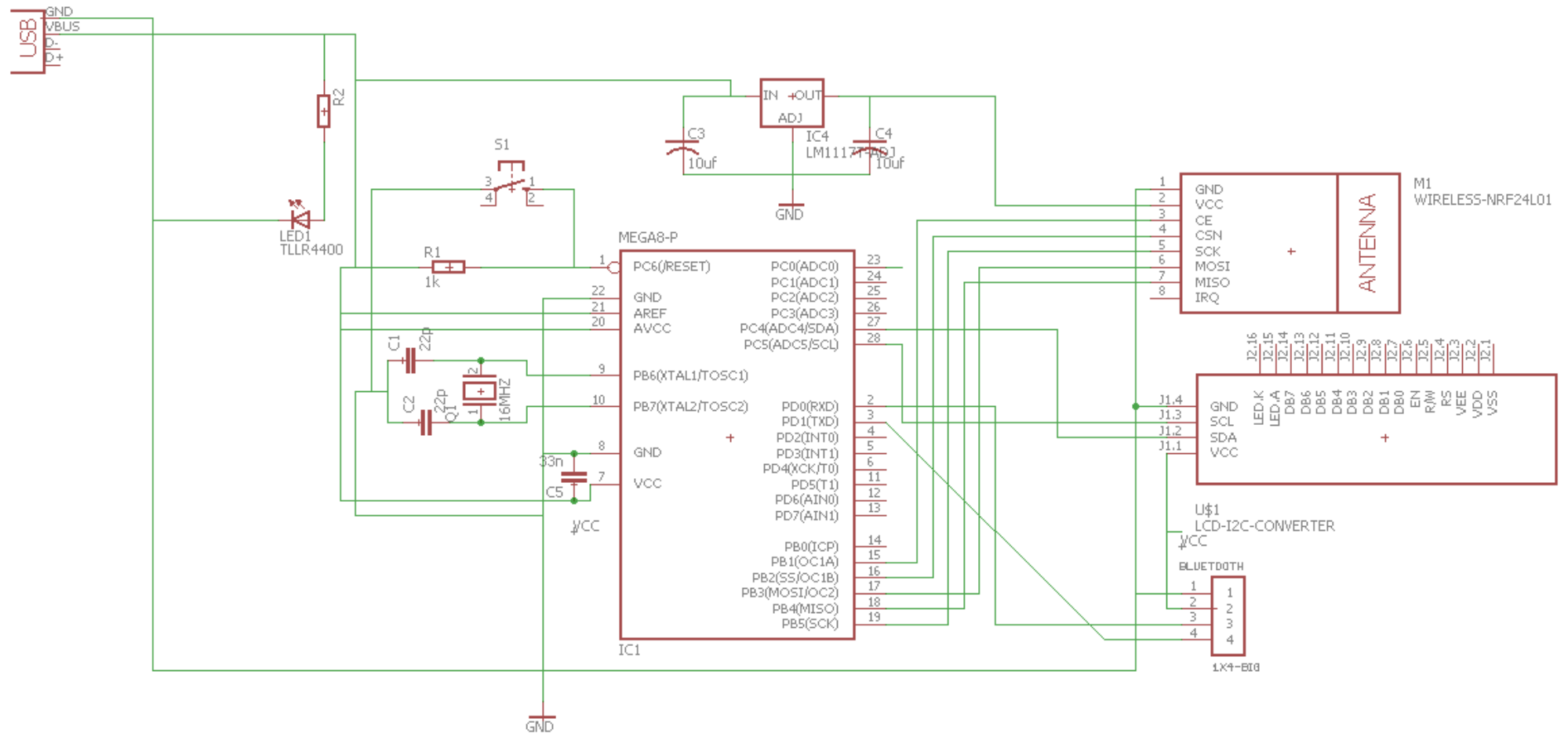


Figura 36. Esquema sencer servidor.



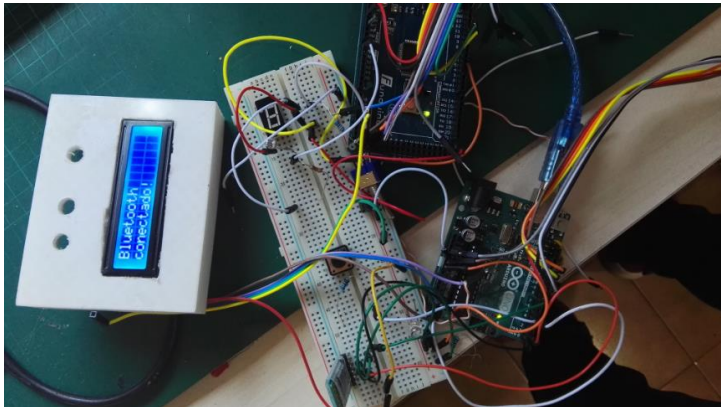
## 8. MUNTATGE DEL HARDWARE

---

### 8.1. Prototip inicial

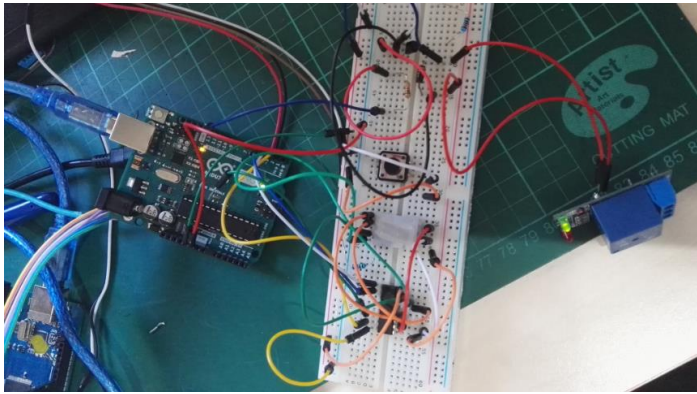
Sempre que es comença un projecte d'aquest tipus, el primer pas és fer-ho en una protoboard, de manera que es pugui apreciar si el projecte funciona i si és factible perdre el temps soldant-ho en una placa. A continuació es veuran unes imatges des del començament. El muntatge amb protoboard com el resultat final en una placa de circuit imprès.

En aquesta primera imatge es pot veure com el Bluetooth es connecta a l'Arduino Uno, fent la funció de Servidor i ens ho mostra la pantalla LCD. D'altra banda, també s'aprecia com l'Arduino Mega fa de node Data (Node de sensor i Temperatura).



**Figura 38.** Prototip sistema domòtic. Servidor i Node Data.

A continuació veiem un altre Arduino Uno configurat amb el relé. Aquestes són les proves que hem realitzat abans d'encarregar una PCB. Veient que funcionava s'ha decidit continuar.



**Figura 39.** Prototip sistema domòtic. Node Relé.

## **8.2 PCB (Printed Circuit Board)**

Ara explicarem què és una placa de circuit imprès i el programa amb el qual ha estat creada el prototip. Hem de destacar que només els nodes formen part d'aquesta placa i el servidor és presentarà amb protoboard. Ara bé, què és una PCB?

Una placa de circuit imprès, de l'anglès PCB, és sens dubte la forma més perfeccionada i que ofereix l'acabat més fiable de tots. Per contra, exigeix un procés més laboriós. Existeixen plaques a simple cara o a doble cara. Quan parlem d'una cara ens referim a quina de les cares porta coure.

La més utilitzada és el tipus fibra de vidre, per la seva qualitat, ofereixen bona resistència mecànica i aïllament, i són relativament econòmiques. La baquelita està en clara recessió, ja que és més fràgil que les altres i de pitjor qualitat. Les plaques de tefló són realment bones, però també molt cares.

Per obtenir les pistes de coure, cal atacar la placa amb les substàncies adequades, que s'encarregarà d'eliminar la part de coure que no formi part de les pistes, això s'aconsegueix protegint de la corrosió aquestes parts. Per a això, s'utilitzen tintes especials, vernissos o adhesius. La placa normal és aquella que dibuixa directament la pista sobre el coure, podem dibuixar-la amb retolador indeleble o permanent, o bé mitjançant adhesius adequats.



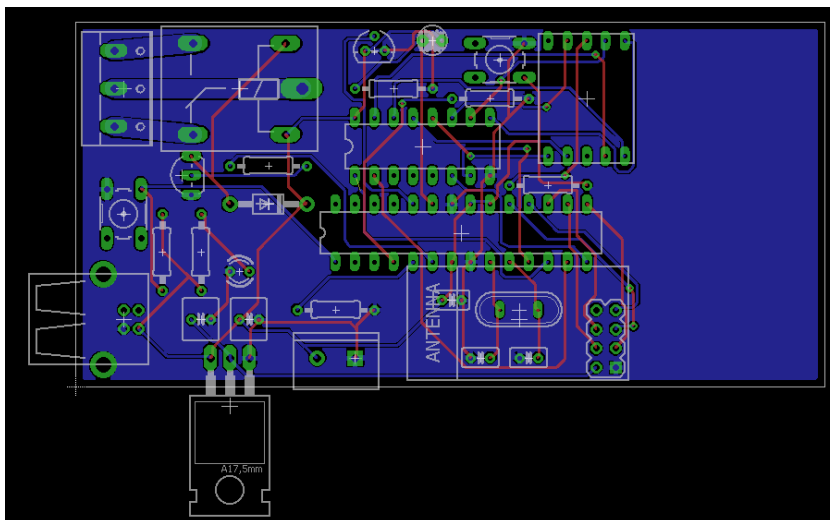
Per a l'exposició, es prepara una transparència de les pistes, que pot ser en negatiu o en positiu, encara que aquesta última és la més utilitzada. Després de l'exposició, s'introdueix la placa en un líquid revelador que destruirà el vernís que no forma part de les pistes, de manera que el restant actuarà de protector contra la corrosió.

### 8.2.1 CADSOFT EAGLE PCB

Per poder fer una placa de circuit imprès, primerament s'ha de dissenyar la placa. Recordem que un cop feta la PCB aquesta ja no es podrà editar, per tant, no està de més fer un prototip per veure quin serà el resultat final de la nostra placa. El programa que hem utilitzat és l'EAGLE.

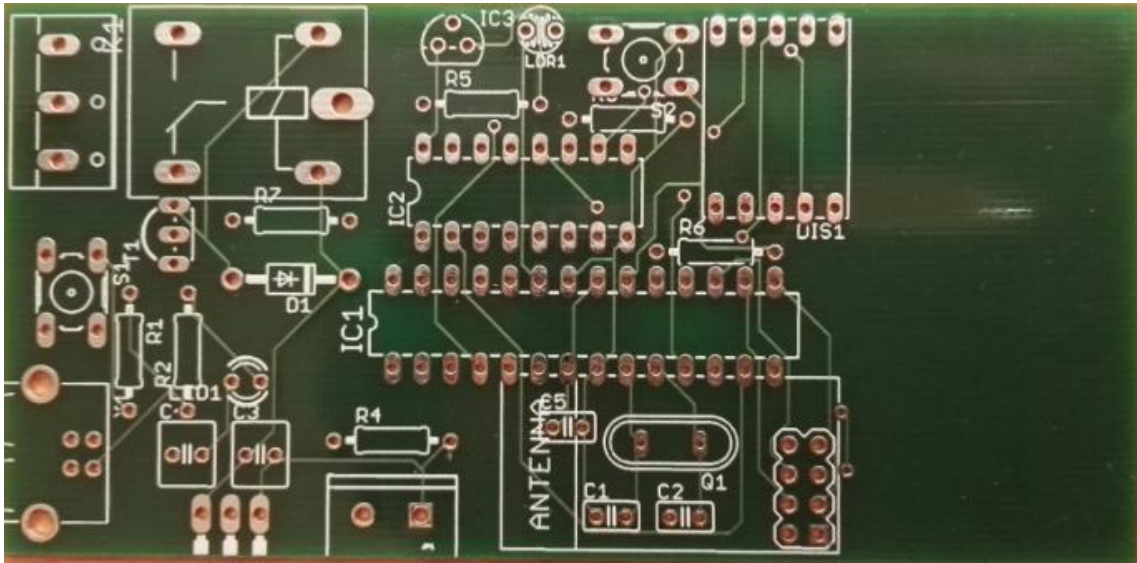
EAGLE (Easily Aplicable GraphicalLayout Editor) és un programa que s'utilitza per a la realització de dissenys de diagrames i PCBs amb autoenrutador. És el programa més famós a l'hora de realitzar plaques de circuit imprès ja que té una llicència Freeware (versió gratuïta) i conté una gran quantitat de biblioteques que ens permeten utilitzar qualsevol component electrònic.

La manera d'utilitzar és molt semblant a programes que hem utilitzat al llarg de la carrera com el PSIM i el Multisim, els components es posen al diagrama amb un sol clic i s'uneixen entre ells mitjançant línies. Després per obtenir la PCB es passa a convertir a placa impresa i s'obté el següent.

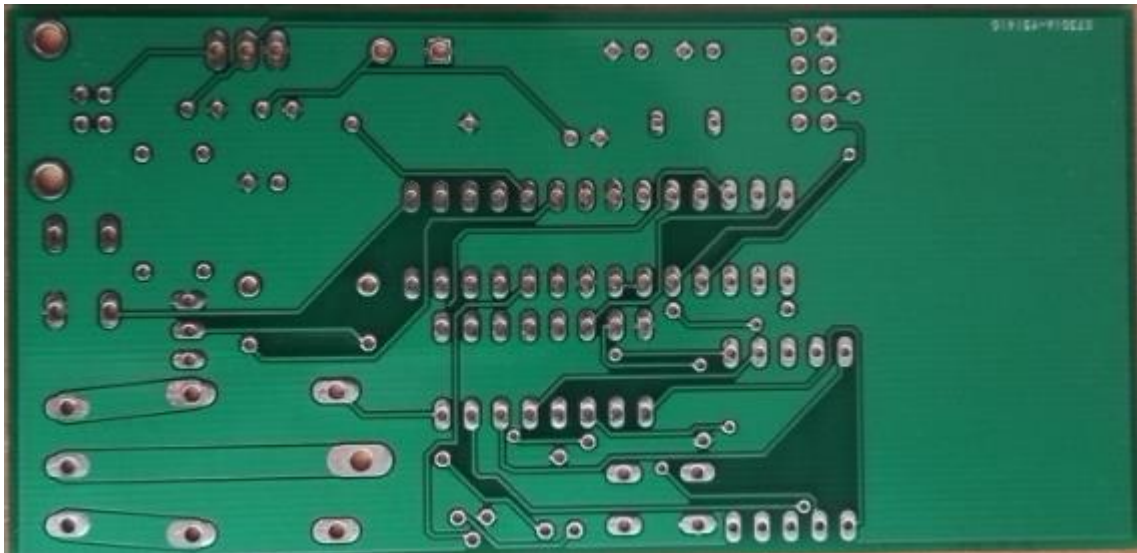


**Figura 40.** Esquema de PCB per enviar a fer.

A continuació podem veure com va arribar la placa després d'enviar el disseny.



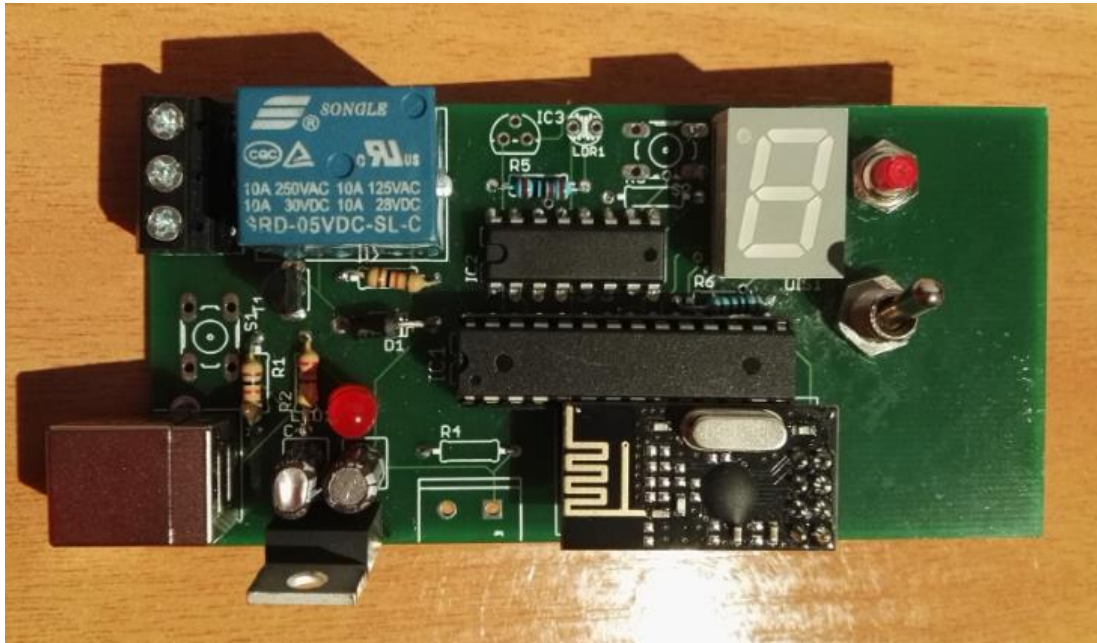
**Figura 41.** Placa de circuit imprès per davant.



**Figura 42.** Placa de circuit imprès per darrera.

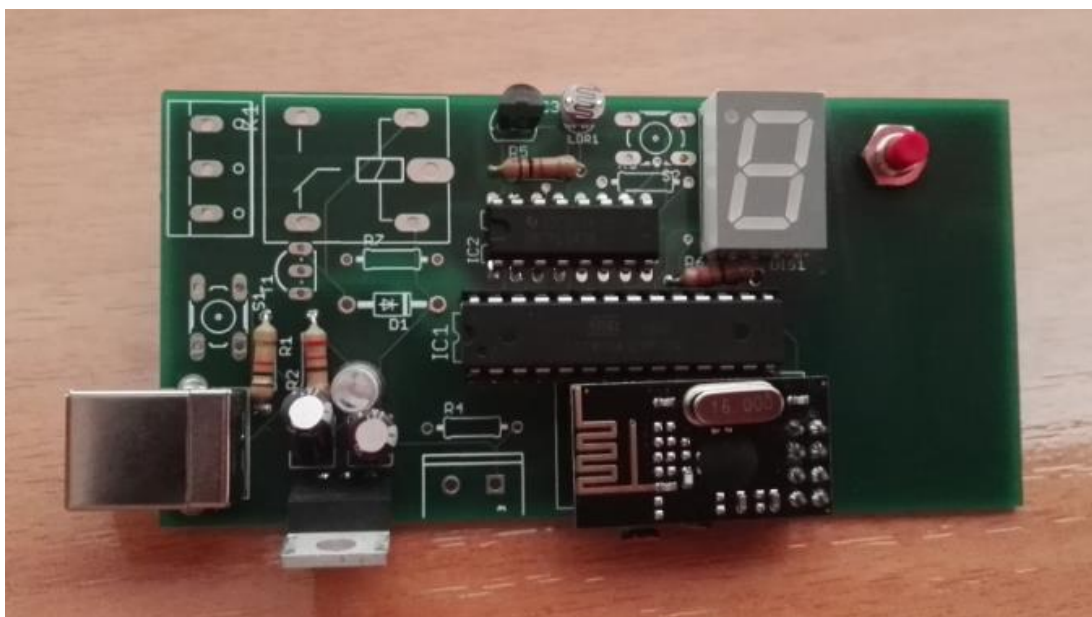
Per finalitzar es mostren dues imatges amb la placa ja muntada amb tots els components. Així quedarà el resultat final dels nodes.

Primer veurem el node Switch del relé.



**Figura 43.** Node Switch (RELÉ).

A continuació la PCB amb tots els components, on es poden veure els sensors LDR i el TMP36.



**Figura 44.** Node Data (SENSOR DE LLUM I TEMPERATURA).

### **8.3. Tria de PCB**

S'ha decidit fer una PCB perquè el muntatge és més segur i més robust, és allò més semblant a un producte industrial professional i el preu és molt assequible.

El preu és assequible si imprimim una placa, i d'aquestes en volem 6, ja que el cost és l'inicial, perquè s'ha de fer la placa per primer cop, després només és imprimir un o més cops. Per aquest motiu, el servidor no s'ha fet amb una PCB i s'ha realitzat amb protoboard. En el cas dels nodes sí perquè la placa és la mateixa, l'única diferència és que o bé posem el relé i l'interruptor per encendre o apagar llums, pujar o baixar persianes o d'altra banda, posem uns sensors que ens diguin si tenim llum i a la temperatura que estem.

## **9. SOFTWARE Microcontrolador**

---

### **9.1. Software de programació**

Com ja s'ha explicat abans, el microcontrolador escollit és l'Atmega328p que té la peculiaritat que és el mateix empleat en la plataforma Arduino. A l'hora de programar ens hem aprofitat de l'IDE d'Arduino per escriure el software, és a dir, per carregar els programes al microcontrolador. Amb això s'ha simplificat el procés de disseny ja que es carregava directament la programació al microcontrolador.

#### **9.1.1 Càrrega dels programes**

Cada cop que s'editava la versió del software dels nodes, s'havia de carregar el microcontrolador, amb ajuda d'una eina amb punxa o un tornavís de punta plana. El que s'ha fet és posar l'Atmega328p al sòcol de la placa Arduino, pujar el programa, treure el microcontrolador del sòcol (vigilant de no trencar les potes del Atmega328p) i finalment tornar a posar-ho al node corresponent.

### **9.2. Diagrames de Codi Arduino**

#### **9.2.1. Diagrama del node Data**

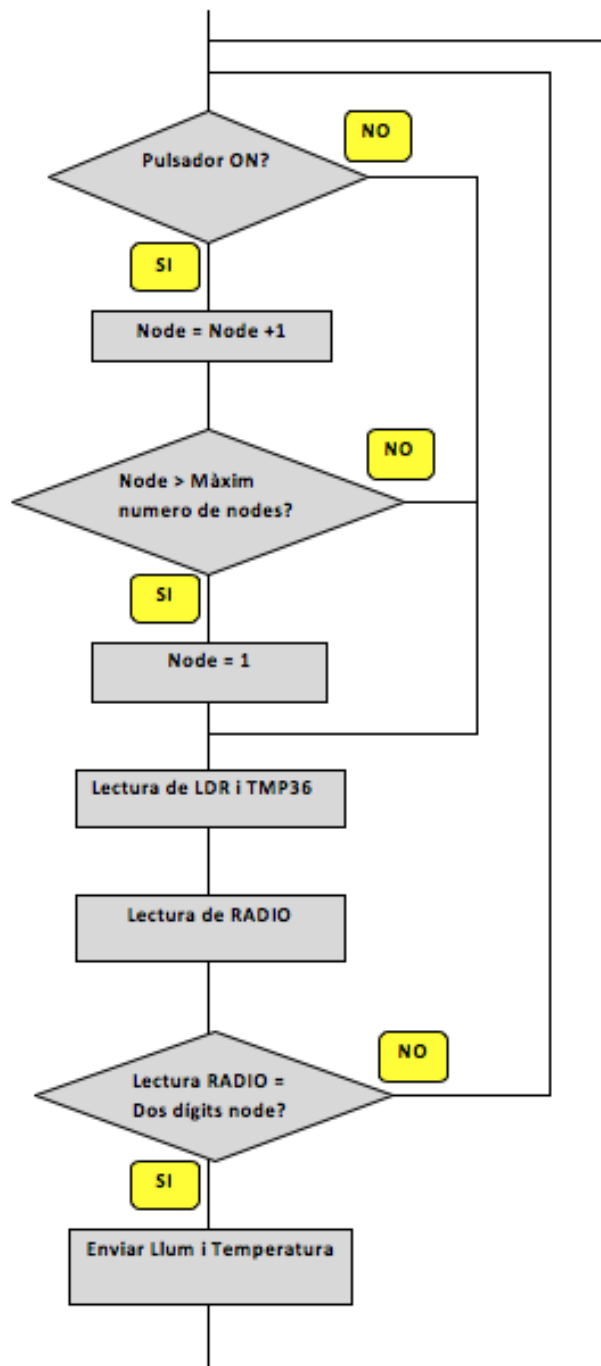
El diagrama que veurem a continuació és el del node Data, és a dir, del node que ens marcarà si tenim llum o no, i quina és la temperatura que tenim en el nostre habitatge.

Aquest node disposa d'un botó on a través d'un display de 7 segments podem veure en quin canal estem. Té fins a tres canals i podem estar en l'1, el 2 o el 3.

Només disposa del sensor de temperatura i llum, però també podríem haver posat un d'humitat, per exemple.

El funcionament és el següent: Primerament i com podem veure al diagrama, llegeix el botó de canvi de node, a continuació llegeix els sensors LDR i TMP36, és a dir, la temperatura i la llum.

Per acabar escolta la ràdio i envia la temperatura i la llum calculada únicament si el missatge és pel node actual, sinó ho és no farà res.



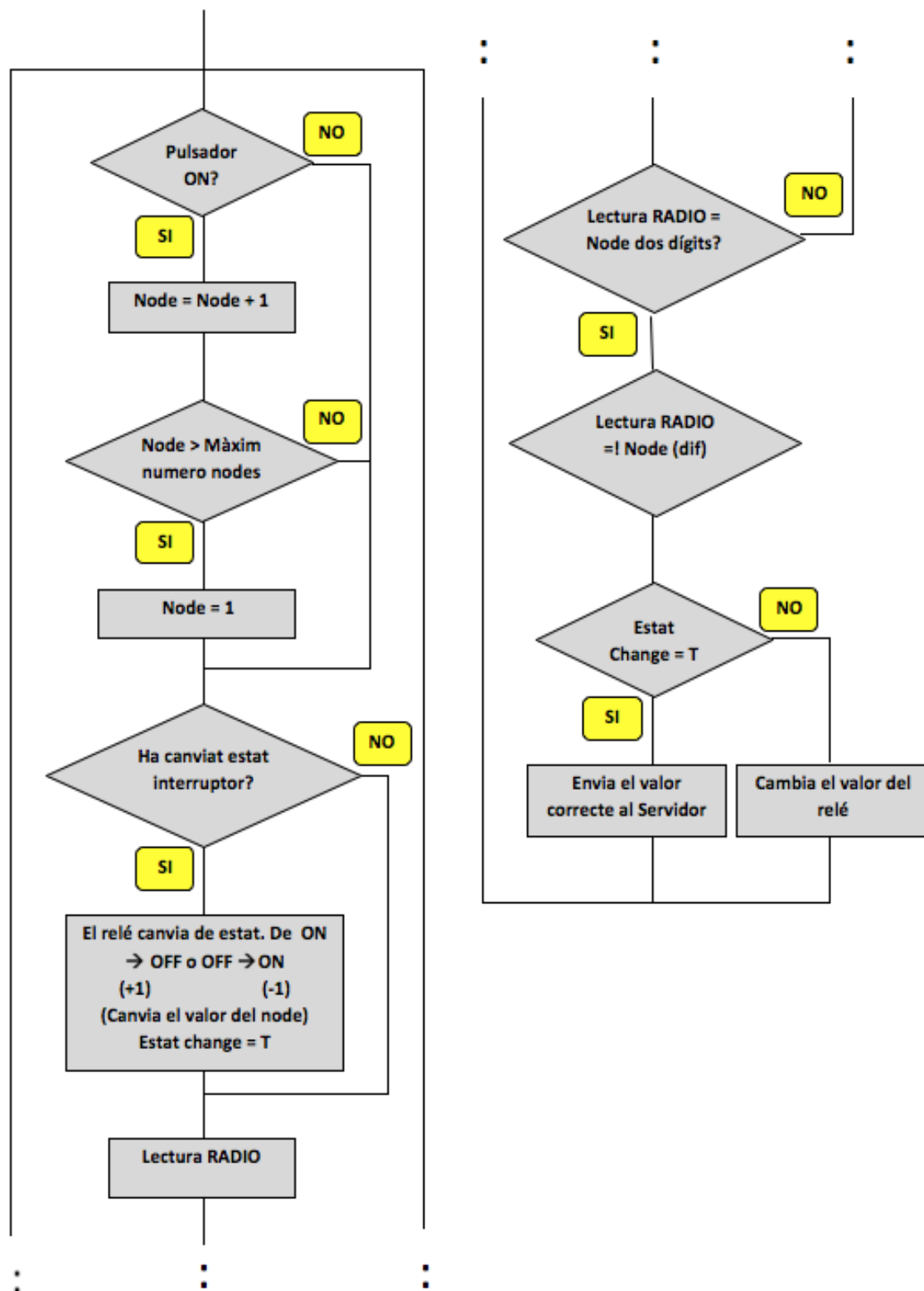
**Figura 45.** Pseudocodi del node Data.

### 9.2.2. Diagrama del Node Switch

El segon diagrama que tenim és el del node Switch, aquest node serveix per encendre o apagar una llum i està compost per un relé. A part del botó per canviar de canal de node i el display de 7 segments, també disposa d'un interruptor que permet encendre o apagar el node manualment, a part de permetre activar o desactivar mitjançant l'aplicació de control.

Si seguim l'esquema podem veure que comença igual que l'anterior, llegint el botó de canvi de node. Després es mira si l'interruptor intern ha canviat d'estat, si ha canviat el passa d'ON a OFF o d'OFF a ON. Si no ha canviat passa a la lectura de la ràdio. Si el missatge és per al node actual la ràdio contesta, sinó no fa res.





**Figura 46.** Pseudocodi del node Switch.



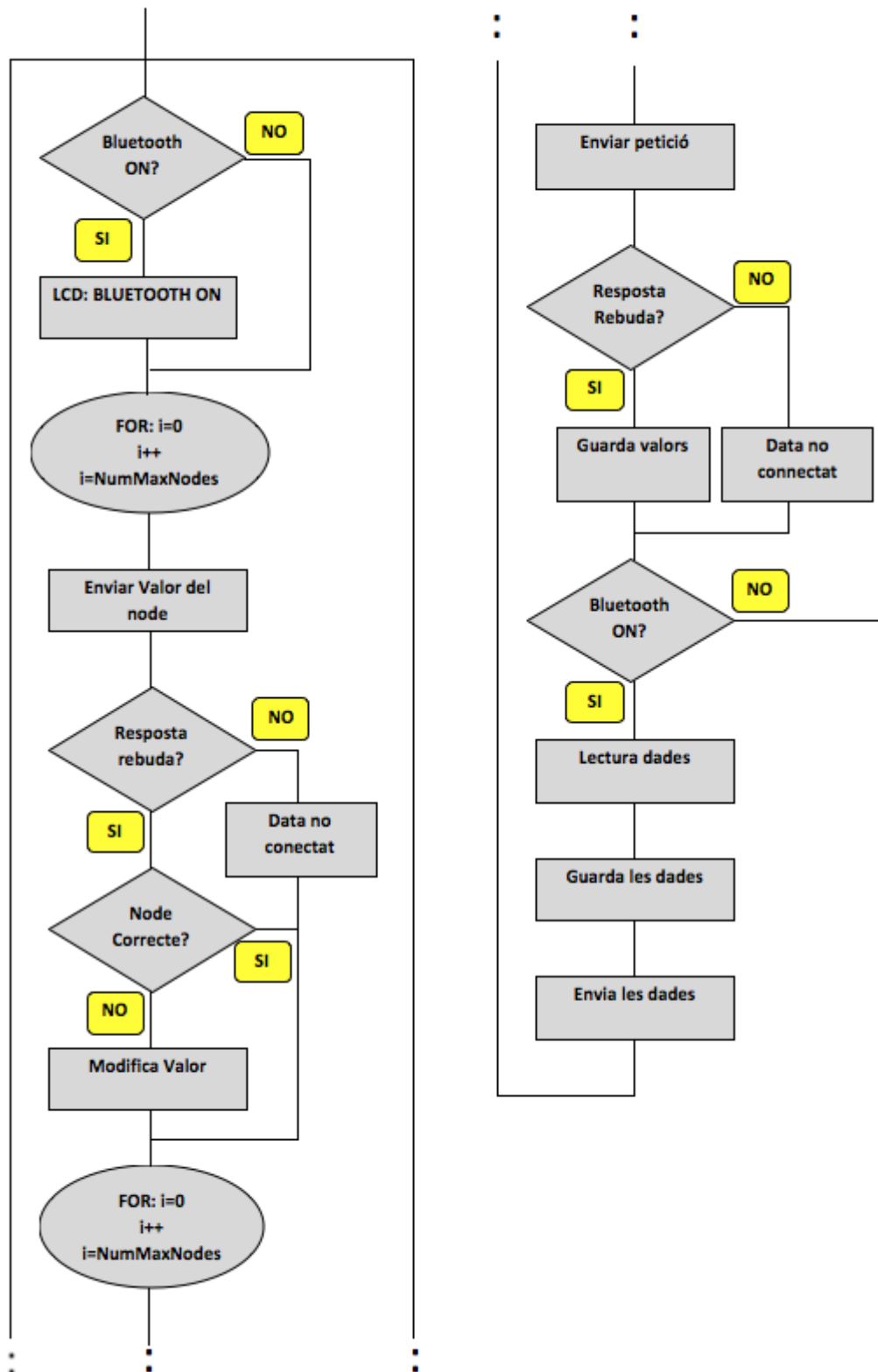
### 9.2.3. Diagrama del Servidor

El servidor és l'encarregat de mantenir una comunicació serial amb el Bluetooth i apart una comunicació via ràdio amb els nodes. Recordem que la ràdio només pot enviar o llegir dades, no pot fer les dues coses a la vegada.

El servidor tindrà una pantalla LCD per avisar de quan s'ha connectat amb el Bluetooth, si el bluetooth no està actiu no ens deixarà fer res.

Comencem explicant el funcionament del servidor que és una mica més complexa que en el cas dels nodes. Si el Bluetooth està actiu llegeix cada node Switch (Relé), en el cas que hagi de modificar els valors els modifica. Després fa el mateix per als nodes Data (Sensors) i actualitza els valors que obté. Aquesta comunicació l'estableix de la manera que s'ha explicat abans en cada node.

Finalment i per acabar l'explicació, ha de guardar els valors del node i a continuació llegir el Bluetooth, si obté resposta positiva, guarda les dades i les envia a l'aplicació mòbil.



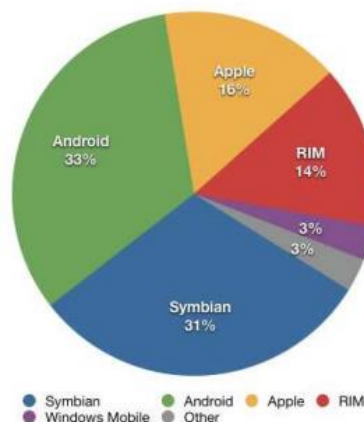
**Figura 47.** Pseudocodi del Servidor.

## 10. APLICACIÓ MÒBIL

---

### 10.1. Android

Android és un sistema operatiu basat en Linux per a dispositius mòbils, tals com telèfons intel·ligents o tablets. Android és el principal producte de l'Open Handset Alliance, un consorci de 78 companyies de hardware, software i telecomunicacions dedicades al desenvolupament d'estàndards oberts per a dispositius mòbils. Android té una gran comunitat de desenvolupadors dissenyant aplicacions per estendre la funcionalitat dels dispositius. Avui en dia, existeixen prop de 200.000 aplicacions disponibles per Android. "Android Market" és la botiga online d'aplicacions, administrada per Google però, tot i així, existeix la possibilitat d'obtenir el software externament. Els programes estan escrits en el llenguatge de programació Java. Google va alliberar la majoria del codi d'Android sota la llicència Apache, una llicència lliure i de codi obert. Actualment Android posseeix aproximadament el 33 % de la quota de mercat a escala mundial dels telèfons intel·ligents anomenats Smartphones, per davant de Symbian amb un 31 %, Apple iOS amb un 16% o de BlackBerry OS amb un 14%.



**Figura 48.** Mercat softwares

Com podem veure a continuació, tenim una gran varietat de programes per crear la nostra aplicació mòbil, nosaltres l'hem creat utilitzant el MIT App Inventor 2, però tenien altres opcions per crear-la. A continuació explicaré els principals programes de creació d'aplicacions mòbils i veurem perquè s'ha utilitzat aquest en especial.

## **10.2. MIT App Inventor 2**

Google App Inventor és un entorn integrat de Google Labs i actualment mantingut pel centre Mobile Learning del Massachusetts Institute of Technology (MIT) que serveix per crear aplicacions de software per al sistema operatiu Android.

Utilitza una interfície gràfica que permet als usuaris arrossegat i col·locar objectes visuals en una pantalla tant per dissenyar la interfície gràfica com per programar el funcionament lògic de l'aplicació, d'aquesta manera, l'usuari pot anar enllaçant un conjunt de blocs per crear l'aplicació mòbil. Aquest sistema és gratuït i es pot descarregar fàcilment a la web. Amb aquesta eina web podem anar des de la realització d'aplicacions molt simples fins a molt elaborades, ja que ens permet cobrir un gran nombre de necessitats bàsiques per al nostre dispositiu Android, tant mòbil com tablet.

L'editor de blocs de la plataforma App Inventor, utilitza la llibreria OpenBlocks de Java per crear un llenguatge visual a partir de blocs. Aquestes llibreries estan distribuïdes pel MIT sota la seva llicència lliure (MIT License). El compilador que tradueix aquest llenguatge visual de blocs per a l'aplicació en Android utilitza "Kawa" com a llenguatge de programació.

El nom de Kawa en polonès significa cafè i forma un joc de paraules, ja que Java és un altre nom utilitzat per la paraula cafè. Kawa és un llenguatge Framework escrit en Java desenvolupat per Bothner<sup>5</sup> i distribuït per la fundació de software lliure "Free Software Foundation<sup>6</sup>". Utilitza el llenguatge de programació Scheme i pot ser utilitzat per implementar altres llenguatges de programació. Kawa funciona a la plataforma Java sense necessitat de cap codi nadiu. Pot ser utilitzat com a llenguatge script a aplicacions Java. És una extensió del llenguatge de programació Scheme<sup>7</sup>, molt utilitzat en educació i recerca, seguint l'estàndard R7RS del 2013. La funció del Kawa Language Framework es realitza a l'hora de crear l'arxiu per

instal·lar l'aplicació al dispositiu Android, el compilador tradueix els blocs que s'han creat amb la lògica del funcionament de l'App.

Un dels avantatges de poder utilitzar la plataforma Java és que ens permet accedir a les seves llibreries. Els programes que utilitzen aquest llenguatge s'executen quasi tan ràpid com programes Java i molt més ràpid que altres llenguatges de scripting. A sobre, aquestes aplicacions són molt fàcils d'exportar, ja que es genera un arxiu Java (.jar).

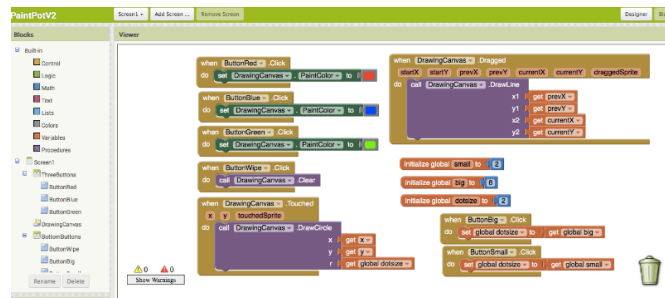
Els scripts escrits en Kawa poden ser executats com aplicacions o bé com a comandes, al compilar-se automàticament abans d'executar-se fan que siguin fàcils d'escriure i fàcils d'exportar.

MIT App Inventor inclou:

- Un ràpid dissenyador: On els components estan disponibles per a la creació de la interfície gràfica de la nostra aplicació. Hi ha elements visibles com per exemple botons i imatges i també hi ha altres no visibles com podrien ser sensors i serveis de connexió web.
- Editor de blocs: On es crea la lògica de l'aplicació. A diferència de l'App Inventor Classic, la versió del MIT utilitza la llibreria Java Open Blocks per crear el llenguatge de programació visual amb blocs.
- El compilador: Basat en el llenguatge de programació Kawa Language Framework, del qual es parlarà posteriorment.
- Debugging en temps real: Inclou una aplicació per *debugar* en temps real en un dispositiu Android connectat a l'ordinador o via WIFI.

Els avantatges d'utilitzar App Inventor en comptes d'altres aplicacions mòbils com Android Studio, Basic4Android, LiveCode 5.5 o InDesign CS6 és la rapidesa amb la que pots posar-te a programar aplicacions molt complexes en molt menys temps que en llenguatges tradicionals basats en text.

Aquesta App, dona suport a una comunitat de gairebé 3 milions d'usuaris representats a 195 països al voltat del món i aquests usuaris han arribat a crear més de 7 milions d'aplicacions per a dispositius Android.



**Figura 48.** Exemple programació App Inventor

### 10.3. Android Studio

Sense cap mena de dubte és l'aplicació que té més nom ja que és l'aplicació oficial d'Android per al desenvolupament d'aplicacions. És la que té més varietat i amb la que es poden fer aplicacions de major dificultat, ja que disposa d'eines que altres programes no tenen. Amb tot, però, no és la més utilitzada ja que té certa dificultat a l'hora de programar i no és de les més ràpides ja que té una part de codi que requereix el seu temps.

Aquest entorn integrat està basat en el software IntelliJ IDEA de JetBrains i tot i ser gratuït, per començar a utilitzar-lo s'haurà d'instal·lar el Software Development Kit (SDK) imprescindible per començar a crear projectes, compilar, emular i depurar.

Android Studio ens permet per un costat programar, i per un altre, fer les representacions gràfiques i menús. És per aquest motiu que Android Studio ens dóna una opció de programació gràfica i una altra per codi (XML). El XML es pot editar veient el resultat en temps real a la representació del resultat.



**Figura 49.** Logo de Android Studio.

#### **10.4. Basic4Android**

B4A com actualment és coneguda, és una eina de desenvolupament ràpida d'aplicacions Android. Aquest programa és una alternativa a la programació amb Java i amb SDK ja que la manera de programar en Basic4Android és molt similar a Visual Basic (Basat en objectes).

Aquesta aplicació basada en Visual Basic interactua amb les biblioteques de Java i consisteix en dos arxius, una part en jar. (Java) i l'altra en XML.

En aquesta comunitat hi ha gairebé 75.000 persones registrades, dins de la mateixa aplicació podem trobar un gran nombre de biblioteques, classe, exemples i eines d'ajuda per facilitar la programació.

Un dels avantatges de B4A és que l'App es pot pujar a les botigues d'aplicacions com Google Play, Samsung Apps y AmazonAppstore (són unes aplicacions que ens permeten fer unes descàrregues directes de la nostra aplicació en funció).

L'inconvenient és que no és gratuïta i s'ha de pagar. Per tant, si ets una persona que està acostumada a utilitzar el Visual Basic és aconsellable utilitzar-la ja que pot sortir per 50€ a l'any.



*Figura 50. Logo de Basic4Android*

#### **10.5. TouchDevelop**

TouchDevelop és un entorn integrat de llenguatge de programació visual desenvolupat per Microsoft Research. Aquest entorn ens permet crear qualsevol aplicació mòbil des de qualsevol dispositiu, és a dir, podem programar amb

TouchDevelop des del nostre ordinador, mòbil o tableta. Es pot descarregar des de la pàgina web del projecte.

Les aplicacions creades amb TouchDevelop, poden accedir a dades, media i sensors de l'ordinador, telèfon o tablet. Els scripts creats per TouchDevelop permeten a l'usuari mostrar i manipular imatges i música que ha estat guardada al mateix dispositiu mòbil, utilitzar els sensors del dispositiu i interactuar amb altres persones per les xarxes socials. La manera de programar pot ser per blocs com en MIT App Inventor o bé en codi com en Android Studio.

El llenguatge utilitzat a la plataforma barreja programació imperativa, amb programació orientada a objectes i programació funcional. De manera que la part imperativa es basa en la més visible, ja que els usuaris poden actualitzar variables locals i els estats dels objectes globals. L'orientada a objectes es pot veure en la facilitat per accedir a les propietats dels objectes i la funcional en què tots els objectes es poden accedir de manera intuïtiva i fàcil. No es poden definir nous tipus de variables i el mode d'execució és totalment reactiu, les accions s'executen en resposta a esdeveniments. Aquests esdeveniments poden ser activats per una entrada de l'usuari, per esdeveniments del mateix telèfon o per un temporitzador. Utilitza multiprocés cooperatiu i les accions i esdeveniments són executats en un únic procés.

A diferència de MIT App Inventor podem veure com anar programant l'aplicació des del nostre mòbil, això fa que sigui més accessible i ràpid a l'hora de treballar però amb un desavantatge important, el qual fa que no sigui tan visual com App Inventor, creant una major complexitat a l'hora de fer-ho servir.



**Figura 51.** Programació de TouchDevelop.



## **10.6. Funcionament de l'aplicació mòbil**

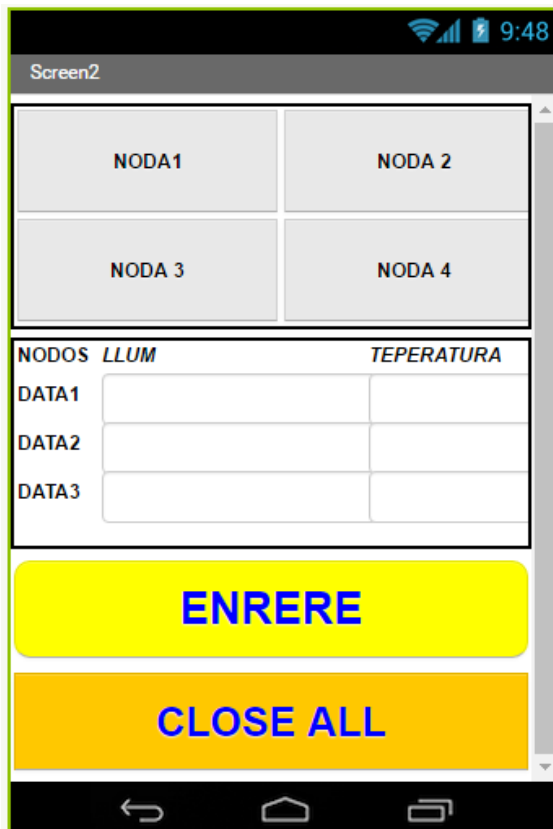
Com ja s'ha comentat l'aplicació ha estat creada mitjançant el MIT App Inventor 2.



*Figura 52. Pantalla 1 de la App.*

L'aplicació funciona de la següent manera: Primer s'ha de connectar i després seleccionar el mòdul Bluetooth que hem utilitzat, tal i com es pot veure en la pantalla 1.

Després s'ha d'anar a veure nodes, una vegada es fa clic en veure nodes, apareix la següent pantalla:



**Figura 53.** Pantalla 2 de l'App.

Un cop entrem a veure nodes ens mostrarà quin està connectat i quin no, com que només hem fet dos nodes només funcionaran els nodes 1 i 2. Si canviem al node 2, aquest dirà si tenim o no llum i enviarà la temperatura adequada. D'altra banda, en el node 1 no ens sortirà res ja que el node 1 és el node de Switch (Relé), i sí al node 2 perquè aquest és el node de Data (sensors temperatura i llum). El node que estarà actiu es mostrarà de color verd i el que no està actiu es mostrarà en vermell. També podem veure com els nodes 3 i 4 apareixen en gris que vol dir que no tenim node.

També s'ha posat una pantalla d'informació on es pot veure una pantalleta del treball amb la informació de centre, tutor i nom de l'alumne.



*Figura 54. Pantalla 3 de la App.*

## 11. FUNCIONAMENT DE LA COMUNICACIÓ

---

Tenim dos tipus de comunicació, via Bluetooth, del servidor a l'App i un altre via ràdio, del servidor als nodes.

Com ja s'ha anomenat abans, el NRF24L01 només pot enviar o rebre dades, mai pot realitzar les dues funcions de manera simultània. Per tant, és important establir un correcte ordre de comunicació entre les ràdios per tal de que no se solapin a l'hora de comunicar-se.

El protocol que s'ha seguit per tal d'obtenir una comunicació ordenada és el següent:

Els nodes sempre tenen la funció d'escoltar, de manera que és el servidor qui envia les ordres quan aquests dos han de parlar. D'aquesta manera s'assegura que només es té un node parlant a la vegada. Un cop el servidor dóna l'opció al node de parlar, aquest es posa a escoltar fins obtenir una resposta.

A continuació explicarem com s'ha fet per a cada node, primer explicarem el node Switch i després el node Data.

### 11.1. Comunicació nodes Switch

Per comunicar-se amb el node Switch s'ha utilitzat un sistema de codi de tres dígit. El primer dígit significa que és un node Switch, per tal d'identificar-los. El segon dígit indica el canal on el node Switch està ubicat. Finalment el tercer dígit indica l'estat del node, si tenim un "0" significa que el node està apagat, mentre que si rebem un "1", significa que el node està encès. També podem obtenir un dos, que voldrà dir que aquest node no està disponible.



**Figura 55.** Exemple de comunicació Switch

### **11.2. Comunicació nodes Data**

Per a la comunicació entre els nodes data i el servidor se segueix el mateix procediment però amb uns altres dígit. Per començar tenim un primer dígit que serveix per identificar que és un node Data, en aquest cas el número 2. Seguit d'un altre dígit que igual que en el node Switch, es refereix al canal del node. Finalment tenim tres dígit. El primer ens indica si tenim o no llum (ON=1, OFF=0). Els altres dos dígit ens mostren el valor de la temperatura. Es podria donar un últim cas en què els últims tres dígit fossin tres zeros, és a dir, "000". Això significaria que el node no està disponible.



***Figura 56. Exemple de comunicació Data***

Tots aquest valors, tant el del node Switch com el del node Data, es guarden en un vector que posteriorment s'envia mitjançant Bluetooth a l'App. Això li permet actualitzar les dades a l'App en temps real o amb un cert retard considerable.

L'aplicació mòbil també permet enviar dades al servidor per tal de modificar el node Switch, l'App reutilitza els mateixos codis que fa servir el servidor i el node Switch.

## **12. FUTURES MILLORES**

---

Aquest producte s'ha creat amb la idea que en un futur es pugui innovar. Per tant, un dels avantatges d'aquest projecte és que no s'acaba aquí, podem dotar-ho de millores importants que actualment no s'ha implementat o bé per temps o pels recursos dels que s'ha disposat.

Com a futures millores podem destacar:

### **12.1. Implementar més sensors**

El node que disposa del sensor de llum i temperatura, podria ser molt més complet i disposar d'un sensor d'humitat, de pluja, de vent, de foc, de gas, etc. Gràcies a les llibreries d'Arduino, i fixant-nos detalladament amb el seu datasheet, no seria gens difícil la seva implementació.

### **12.2. Establir una comunitat**

Una de les coses més importants de qualsevol projecte és la gent que intervé. Crear una comunitat podria aportar noves idees al projecte que a mi en cap moment se'm podrien ocórrer. D'aquesta manera aconseguiríem que aquest sistema domòtic estigués en contínua activitat i no es quedés endarrerit en el seu mercat com li ha passat una mica al X10.

### **12.3. Sistema domòtic modular**

Tot i que el nostre sistema ja és modular perquè tenim més d'un aparell connectats entre ells. La idea seria expandir-ho molt més, és a dir, en comptes de tenir dos nodes, tenir sis o set per tota la casa, que es comuniquin amb el servidor des de l'aplicació mòbil.

Cal destacar que aquesta era la intenció inicial del projecte, però per tal de no fer una despesa considerable comprant components electrònics s'han fet per només dos nodes, ja que realment no deixa de ser el mateix, l'únic que amb més nodes.

#### **12.4. Establir una comunicació WIFI**

La majoria de comunicacions que sorgeixen actualment s'intenta que es comuniquin per WIFI, o bé perquè és més segura o perquè agafa més distància. Si posem l'exemple d'una impressora podem veure que van sense cables i es comuniquen amb l'ordinador per WIFI. En un futur m'agradaria crear aquest sistema domòtic però aconseguir que la comunicació entre servidor i node sigui per la connexió en la mateixa xarxa. Si utilitzéssim un dels punts que hem anomenat abans, com és el cas d'una comunitat, estic segur que els mateixos usuaris farien propostes i acabarien trobant una solució per millorar la comunicació entre smartphone, servidor i nodes.

#### **12.5. Millorar l'alimentació**

Una de les millores més importants de cara al futur seria la connexió de servidor i nodes directament a l'endoll de la llum, de manera que s'hauria de muntar un adaptador commutat, que passés els 230 en alterna a 5V en contínua a 1A.

Es pot trobar aquest adaptador al mercat per molts pocs diners i seria una gran millora a implementar, guanyaríem en comoditat i espai.

### 13. CONCLUSIONS

---

El resultat final del sistema domòtic és força satisfactori, ja que s'ha aconseguit establir una comunicació servidor-Bluetooth i també un altre servidor-nodes.

En el cas dels nodes els dos funcionen correctament completant així la funció inicial que es tenia en ment. El node Data ens envia si tenim llum (SÍ o NO) i el valor de la temperatura que tenim. Mentre que el node Switch ens permet activar el relé tant per l'App com manualment per l'interruptor. D'altra banda, podem dir que l'aplicació funciona correctament, tot i que podria tenir millores d'estètica. Podem destacar que l'objectiu principal s'ha complert adequadament.

També s'ha complert amb la part de crear un producte "low cost", ja que el producte és econòmicament assequible per a tothom. D'altra banda, la implementació del botó i el display de 7 segments fa que tothom pugui gaudir del seu ús sense necessitat de tenir un domini electrònic/informàtic.

Un dels apartats a tenir en compte és la quantitat de millores que li podem posar encara a aquest sistema domòtic, citades anteriorment. Algunes de les quals no s'han implementat encara per tema pressupost o manca de temps.



## 14. BIBLIOGRAFIA

---

Arduino, "Libraries", [en línea]. [Consulta: 03/07/2016]. Disponible a: <https://www.arduino.cc/en/Reference/Libraries>

Atmel, "Datasheet Atmega328p", [PDF]. [Consulta:14/08/2016]. Disponible a: [http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P\\_datasheet\\_Complete.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Complete.pdf)

Display 7 segments, "Datasheet Display", [en línea]. [Consulta: 18/08/2016]. Disponible a: <http://www.datasheetarchive.com/LTS546AR-datasheet.html>

MIT App Inventor 2, "Web d'accés a la App", [en línea]. [Consulta: 05/07/2016]. Disponible a: <http://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=en#5421980304801792>

Eagle PCB Design, "Programa de disseny", [en línea]. [Consulta: 03/08/2016]. Disponible a: <https://www.itead.cc/open-pcb.html>

Itead Studio PCB, "Fabricació de la PCB", [en línea]. [Consultada: 29/08/2016]. Disponible a: <https://www.itead.cc/open-pcb.html>

X10, "Tecnologia X10", [en línea]. [Consulta: 06/08/2016]. Disponible a: <http://www.eurox10.com/Content/X10Information.htm>

Electrónica embajadores, "Compra de components", [en línea]. [Consultada: 06/07/2016]. Disponible a: <http://www.electronicaembajadores.com>

Arduino Tecno, "Programació bàsica", [en línea]. [Consultada: 08/07/2016]. Disponible a: <https://sites.google.com/site/arduitecno/R01/A01>

Ramon Millan, "La vivienda domòtica", [en línea]. [Consultada: 02/07/2016]. Disponible a: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/domotica.php>

PICAXE, “Picaxe”, [PDF]. [Consultada: 16/07/2016]. Disponible a:  
[http://www.picaxe.com/docs/axe002\\_tutorial\\_es.pdf](http://www.picaxe.com/docs/axe002_tutorial_es.pdf)

Youtube, “Que és la domotica”, [en línia]. [Consultada: 04/07/2016]. Disponible a:  
<https://www.youtube.com/watch?v=g2SCOYVK8-Y>

Arduino, “Arduino UNO R3”, [en línia]. [Consultada: 08/08/2016]. Disponible a:  
<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>

Geekfactory, “Bluetooth HC-05”, [en línia]. [Consultada: 11/08/2016]. Disponible a:  
<http://www.geekfactory.mx/tutoriales/bluetooth-hc-05-y-hc-06-tutorial-de-configuracion/>

Arubia, “mòdul ràdio”, [en línia]. [Consultada: 21/08/2016]. Disponible a:  
<http://arubia45.blogspot.com.es/2013/01/emisorreceptor-wireless-nrf24l01-arduino.html>